

FACULTAD
DE CIENCIAS
JURÍDICAS



ZIENTZIA
JURIDIKOEN
FAKULTATEA

TRABAJO FIN DE ESTUDIOS / IKASGAIEN AMIERAKO LANA
MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

.....

**COMPARATIVA ENTRE LEGISLACIONES SOBRE RUIDO EN PUESTOS DE
TRABAJO. ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL PUNTO DE MEDIDA.**

Andrea Stephania Huaracha Saldamando

DIRECTOR / ZUZENDARIA

Miguel Arana Burgui

Pamplona / Iruñea

07 de Septiembre de 2020

RESUMEN

El ruido puede ser un problema en muchos puestos de trabajo, en la industria, la agricultura, oficinas, etcétera. Por consiguiente, conocer la legislación que regula los procedimientos que garantizan la protección de los trabajadores contra el ruido en puestos de trabajo es primordial; otro punto a considerar es realizar una buena medición de ruido para poder aplicar las medidas adecuadas, respetando los límites de exposición permisible a ruido.

En el presente trabajo, se realiza una comparativa entre las legislaciones sobre ruido laboral de América y Europa. También se lleva a cabo un estudio experimental con la finalidad de cuantificar la influencia que puede poseer en los resultados la posición del punto de medida, posición que no queda claramente definida en la mayoría de las legislaciones. Tal estudio se realiza en laboratorio (cámara semianecoica) con diferentes ruidos industriales y en condiciones bien controladas experimentalmente.

PALABRAS CLAVE

Ruido en puestos de trabajo, legislación, límite de exposición permisible, cámara semianecoica, ruidos industriales.

ABSTRACT

Noise can be a problem in many jobs, in industry, agriculture, offices, and so on. Therefore, knowing the legislation that regulates the procedures that guarantee the protection of workers against noise in workplaces is essential; Another point to consider is to make a good noise measurement in order to apply the appropriate measures, respecting the permissible exposure limit on noise.

In the present work, a comparison between the laws on occupational noise in America and Europe is made. An experimental study is also carried out in order to quantify the influence that the position of the measurement point may have on the results, a position that is not clearly defined in most regulations. Such a study is carried out in a laboratory (semi-anechoic chamber) by emitting different industrial noises and under well controlled experimental conditions.

KEYWORDS

Noise in workplaces, regulation, noise exposure level, semi-anechoic chamber, industrial noises.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ABREVIATURAS	1
I. OBJETIVO.....	3
II. INTRODUCCIÓN	3
III. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	4
1. Características del ruido.....	4
2. Tipos de ruido	4
3. Percepción auditiva.....	5
4. Medición del ruido.....	6
4.1 Decibelio (dB).....	6
4.2 Escalas de ponderación: Ponderación A y C	7
4.3 Parámetros de ruido	9
5. Factor de acumulación o “Exchange Rate”	10
IV. LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE RUIDO LABORAL.....	11
V. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO LABORAL EN ESPAÑA.....	13
1. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.	13
2. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).....	15
VI. LEGISLACIONES SOBRE RUIDO LABORAL EN OTROS PAISES DE EUROPA	16
1. Portugal.....	16
2. Francia	17
3. Italia	18
4. Alemania.....	19
5. Suecia.....	20
6. Reino Unido.....	21

7. Polonia	22
VII. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO LABORAL EN EE.UU	23
1. Norma OSHA, núm. 1910, Subparte G, “Seguridad Ocupacional y Control Ambiental”. 1910.95, exposición a ruido ocupacional.....	23
2. Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)	26
VIII. COMPARATIVA ENTRE LEGISLACIONES	27
IX. PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA	35
Parte experimental:	37
X. CONCLUSIONES	45
XI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	47
Legislación Europea	47
Legislación Española	48
Legislación Estadounidense.....	48
Documentación	48
Enlaces de interés.....	49

ABREVIATURAS

art. /arts.	artículo/artículos
BOE	Boletín Oficial del Estado
cm	centímetro/s
dB	Decibelio/s
dBA	Decibelios con ponderación A
dB C	Decibelios con ponderación C
DOUE	Diario Oficial de la Unión Europea
EE.UU	Estados Unidos de América
Hz/kHz	hercio/kilohercio
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
L_{Aeq}	Nivel de exposición equivalente ponderado A
$L_{Aeq,d}$	Nivel de exposición diario equivalente ponderado A
$L_{Aeq,s}$	Nivel de exposición semanal equivalente ponderado A
L_{Apeak} / L_{Apico}	Nivel de pico ponderado A
L_{eq}	Nivel de exposición equivalente
$L_{EX,8h}$	Nivel de exposición diaria al ruido
L_{Ceq}	Nivel de exposición equivalente ponderado C
L_{Cpeak} / L_{Cpico}	Nivel de pico ponderado C
L_{peak} / L_{pico}	Nivel de pico
LPRL	Ley de Prevención de Riesgos Laborales
m	metro/s
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health [Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional]
núm.	número
OSHA	Occupational Safety and Health Administration [Administración de Seguridad y Salud Ocupacional]
Pa	pascal/es
pág./págs.	página/páginas
P_{peak} / P_{pico}	Presión acústica de pico
ref.	referencia
RD	Real Decreto

s	segundo/s
UE	Unión Europea
μPa	micropascal/es

I. OBJETIVO

El objetivo general del presente trabajo es realizar una comparativa entre las legislaciones sobre ruido en puestos de trabajo de Europa y Estados Unidos de América (EE.UU), y analizar las diferencias en precisión según la medición de ruido adoptada.

Los objetivos específicos que este Trabajo Fin de Master pretende conseguir:

- Ver el contraste que existe actualmente entre la legislación Europea y de EE.UU.
- Afianzar los conceptos del Real Decreto 286/2006.
- Realizar una prueba experimental en laboratorio y cuantificar la influencia que puede poseer en los resultados la posición del punto de medida adoptado.

II. INTRODUCCIÓN

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la LPRL, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

El ruido es uno de los agentes físicos más habituales en los lugares de trabajo, la exposición al ruido ha sido una preocupación seria desde el comienzo de la industrialización, y sus efectos negativos sobre el sistema auditivo se conocen desde hace muchos años.

El número de personas expuestas a ruidos potencialmente peligrosos debido a su trabajo es extremadamente alto. Alrededor de un tercio de los trabajadores europeos

están expuestos a niveles de ruido potencialmente peligrosos durante al menos una cuarta parte de su tiempo de trabajo.¹

Desde el punto de vista acústico, sonido y ruido, constituyen el mismo fenómeno, la diferenciación es subjetiva.

El sonido es una perturbación, producida por una serie de variaciones de presión, en forma de vibraciones, que se propaga a través de un medio elástico (por ejemplo, aire, agua, gas, sólidos), a la velocidad característica de ese medio. Esas ondas vibratorias llegan a nuestro oído y son interpretadas como un sonido. Para describir correctamente un sonido es necesario precisar su nivel de presión acústica, su frecuencia y su amplitud a través de un medio, en nuestro caso el aire.

En un entorno laboral, los sonidos proceden de distintas fuente emisoras, por tanto, los sonidos no van a ser puros, es decir, no se van a emitir en una única frecuencia, a este tipo de sonidos se le denomina ruido.

De este modo, el ruido se define, desde el punto de vista laboral, como un sonido que por sus características es indeseable y que además puede desencadenar daños crónicos sobre la salud, y puede ocasionar la pérdida del sentido del oído.²

III. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

1. Características del ruido

Las características del ruido son la intensidad y la frecuencia. La intensidad del ruido es la fuerza de la vibración sonora, y se mide en decibelios (dB). La frecuencia es el número de veces que vibra una onda sonora por unidad de tiempo, se mide en hercios (Hz), la frecuencia es la que determina el tono de un ruido.

2. Tipos de ruido

Según la forma de presentación del ruido, éstos se clasifican en:

¹ Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo. Disponible en: <https://osha.europa.eu/es>

² OIT. La Salud y la Seguridad en el Trabajo. Colección de Módulos: El ruido en el lugar de Trabajo.

- Continuos: cuando el nivel es prácticamente constante a lo largo del tiempo, por ejemplo, el ruido producido por un ventilador o un compresor.

- Intermitentes: cuando el nivel sonoro varía de forma escalonada, bien definido y de duración relativamente larga. Se puede considerar como una serie de ruidos continuos de distintos niveles sonoros, por ejemplo, el ruido de una sierra de cinta o máquina/herramienta en la que se distinguen claramente las fases del ruido correspondientes al funcionamiento en vacío y durante el trabajo.

- Variables: cuando el nivel sonoro varía de forma continua en el tiempo pero sin seguir ningún patrón definido, por ejemplo, en un taller de reparaciones mecánicas.

- De impacto o impulsos: cuando el nivel de ruido presenta picos de alta intensidad y muy corta duración; y su efecto sorprendente causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora, por ejemplo, el ruido de las prensas de corte.

3. Percepción auditiva

La percepción auditiva, en término medio, comprende aproximadamente desde 20 Hz hasta 20000 Hz (20 kHz), pero la sensibilidad del oído humano varía también con la frecuencia y en términos globales se puede afirmar que la mayoría de las personas no detectan sonidos graves, cuya frecuencia es inferior a 20 Hz, ni agudos por encima de 20 kHz.

Además de esta limitación, el oído es poco sensible a frecuencias bajas (entre 20 Hz y 500 Hz) y muy altas (9000 Hz), mientras que tiene un comportamiento neutro a 1000 Hz y es muy sensible a 2000, 4000 y 5000 Hz.

El oído humano no responde igual a todas las frecuencias del espectro sonoro. Así, un sonido agudo o de alta frecuencia causa una mayor sensación de intensidad en el oído que otro sonido de la misma intensidad pero de bajas frecuencias. Este hecho se tiene en cuenta a la hora de caracterizar un ruido mediante las escalas de ponderación, definido en el apartado 4.2 del presente trabajo.

4. Medición del ruido

4.1 Decibelio (dB)

Cuando se habla de ruido en términos técnicos, se habla de presión sonora. La presión sonora se suele medir en decibelios, expresado como dB. El decibelio es un valor relativo y logarítmico (escala exponencial) que expresa la relación del valor medido respecto a un valor de referencia.

Se utiliza esta escala logarítmica porque la sensibilidad que presenta el oído humano a las variaciones de presión sonora sigue una escala aproximadamente logarítmica, no lineal. El valor de referencia es el límite de perceptibilidad del oído humano, una presión sonora de 20 μPa ; por lo cual, 0 dB significa una presión sonora que está al borde de la perceptibilidad. En la Fig1(a) se puede observar una comparación entre el nivel de presión sonora medida en micropascales (μPa) y decibelios (dB) para distintos ruidos.

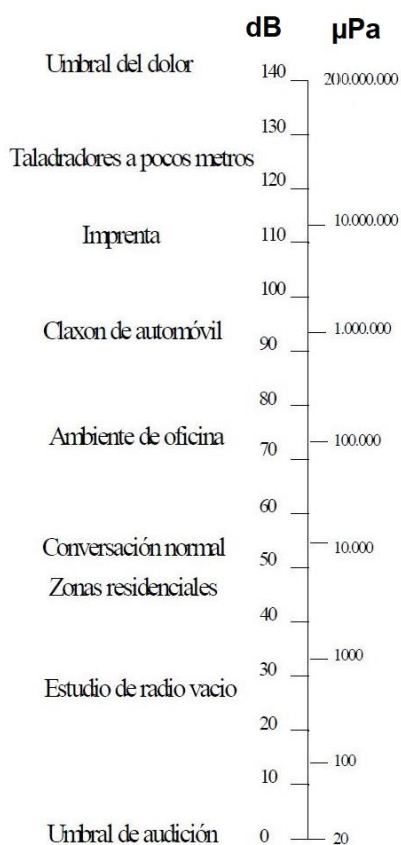


Fig1(a). Escala comparativa entre nivel de presión sonora medida en μPa y en dB para distintos ruidos.

En términos de niveles de presión sonora, el sonido audible varía desde el umbral auditivo de 0 dB hasta el umbral del dolor aproximadamente 130 dB. Aunque un aumento de 6 dB representa doblar la presión sonora, se requiere un aumento de entre 8 y 10 dB para que, de forma subjetiva, el sonido parezca ser significativamente más alto; De manera similar, el mínimo cambio perceptible es alrededor de 1 dB. Lo descrito anteriormente se puede observar en la Fig1(b)³.

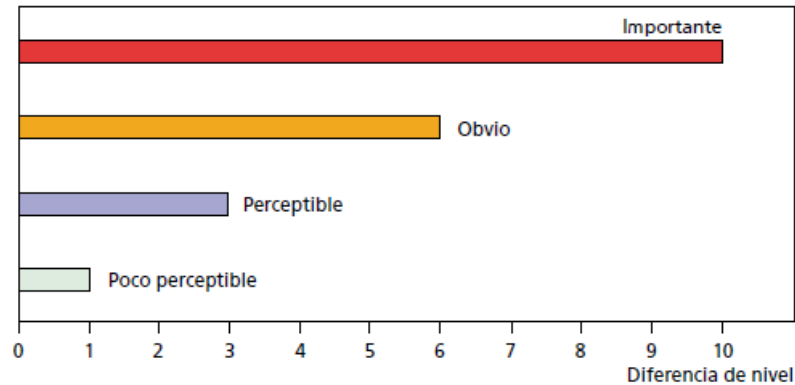


Fig1(b). Nivel de perceptibilidad de ruido según las diferencias de nivel en dB.

4.2 Escalas de ponderación: Ponderación A y C

Tal y como se ha mencionado anteriormente, nuestro oído es menos sensible a frecuencias muy bajas y muy altas, para tener esto en cuenta cuando se mide el ruido, se pueden aplicar filtros de corrección, también conocidas como escalas de ponderación.

Las escalas de ponderación permiten estimar el comportamiento del oído en función de las características del ruido al que se esté expuesto, ya que dependiendo del nivel de presión sonora y su espectro frecuencial, éste puede atenuarlo o amplificarlo.

La ponderación de frecuencias más común en la actualidad es la “Ponderación A”, la cual se ajusta aproximadamente a la respuesta del oído humano y proporciona unos resultados expresados como dB(A) o dBA.

La curva de “ponderación C” también se utiliza, particularmente cuando se evalúan sonidos muy intensos o de frecuencia muy baja, los resultados vienen expresado en dB(C) o dBC.

³ BRÜEL, P. KJAER, V. “Ruido ambiental”, en *Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S.*, 2000. [Figura]. Disponible en: <https://www.bksv.com/media/doc/br1630.pdf>

4.2.1 Ponderación A

La ponderación A es la estándar de las frecuencias audibles diseñadas para reflejar la respuesta al ruido del oído humano, que no es muy sensible a frecuencias bajas y muy altas, pero sí lo es entre 500 Hz y 6 kHz.

El filtro de ponderación A cubre el rango completo de frecuencia de 20 Hz a 20 kHz, pero la forma se aproxima a la sensibilidad de frecuencia del oído humano. Así que el valor ponderado en A de una fuente de ruido es una aproximación a cómo percibimos el ruido.

Las mediciones hechas con ponderación A se indican como dBA para informar que son decibelios ponderados en A, por ejemplo, “ $L_{Aeq,d}$ ”; donde la A muestra el uso de dicha ponderación para el nivel de exposición diario equivalente ponderado A.

Como se puede observar en la Fig2, la curva de ponderación A atenúa en mucha medida los bajos (-50 dB a 20 Hz y casi -20 dB a 100 Hz) y en menor medida los agudos (casi -10dB en 20kHz).

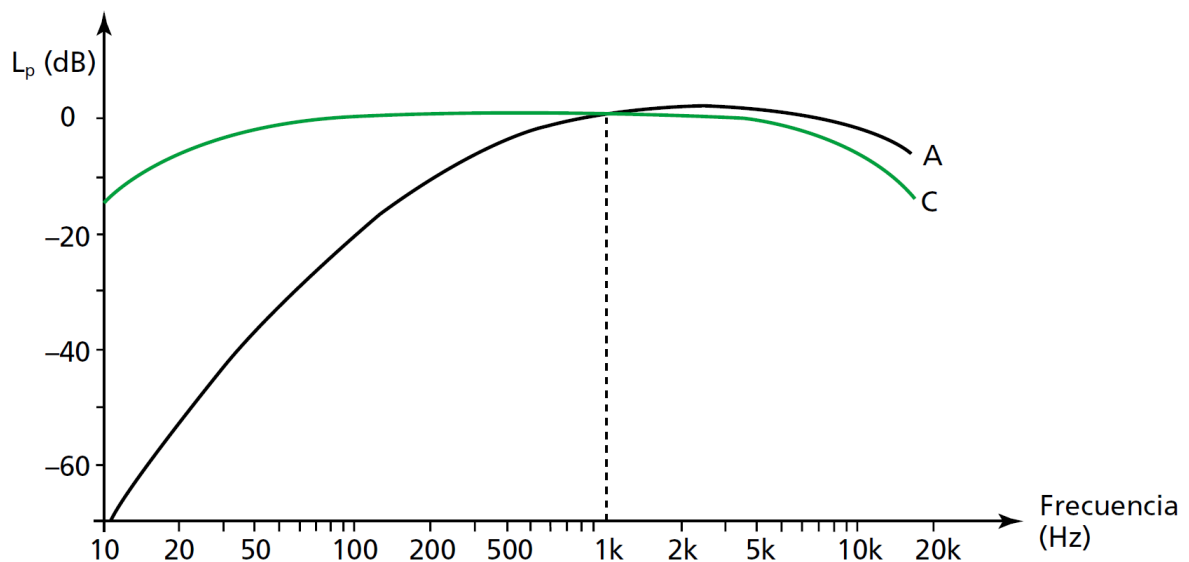


Fig2. Curvas de ponderaciones A y C.⁴

⁴ BRÜEL, P. KJAER, V. “Ruido ambiental”, en *Brüel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S.*, 2000. [Figura]. Disponible en: <https://www.bksv.com/media/doc/br1630.pdf>

4.2.2 Ponderación C

La ponderación C es la estándar de las frecuencias audibles usadas comúnmente para la medición de la presión acústica de pico (P_{peak} o P_{pico}) o del nivel de pico (L_{peak} o L_{pico}).

Las mediciones hechas con ponderación C se indican como dBC para informar que son decibelios ponderados en C, por ejemplo, “ $L_{C\text{peak}}$ ”; donde la C muestra el uso de dicha ponderación para el nivel de pico ponderado C.

Como se puede observar en la Fig2, la curva de ponderación C apenas aporta atenuación de las frecuencias graves, pero se puede apreciar que atenúa más los ruidos de alta frecuencia (-8 dB a 10 kHz) a comparación de la curva de ponderación A (~0 dB a 10 kHz).

4.3 Parámetros de ruido

Como el ruido puede variar mucho con el tiempo, se requiere una manera de agregar los datos para poder usarlos y comparar. Es por ello que existen diferentes parámetros físicos utilizados como indicadores de riesgo con diferentes constantes de tiempo.

La Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido), define los siguientes indicadores:

- Presión acústica de pico (P_{pico}): Es el valor máximo de la presión acústica instantánea ponderada “C” en frecuencia.
- Nivel de exposición diaria al ruido ($L_{\text{EX},8\text{ h}}$) (dBA, ref. 20 μPa): es el promedio ponderado en el tiempo de los niveles de exposición al ruido para una jornada de trabajo nominal de ocho horas.⁵

⁵ Tal como se define en la norma internacional ISO 1999: 1990, punto 3.6. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

- Nivel de exposición semanal al ruido ($L_{EX,8h}$): es el promedio ponderado en el tiempo de los niveles de exposición diaria al ruido para una semana de trabajo nominal de cinco jornadas de ocho horas.⁶

En el RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se definen el nivel de pico, L_{pico} , y los niveles de exposición diaria y semanal equivalente, $L_{Aeq,d}$ y $L_{Aeq,s}$, para la exposición al ruido en puestos de trabajo.

- Índice de ruido L_{pico} : es el nivel máximo de presión acústica alcanzado con ponderación C, medido en dBC.

- Índice de ruido $L_{Aeq,d}$: es el nivel de nivel de exposición diario equivalente con ponderación A, medido en dBA.

- Índice de ruido $L_{Aeq,s}$: es el nivel de nivel de exposición semanal equivalente con ponderación A, medido en dBA.

5. Factor de acumulación o “Exchange Rate”⁷

El factor de acumulación o “Exchange Rate” es un incremento de decibelios que requiere reducir a la mitad el tiempo de exposición a ruido laboral, o una disminución de decibelios que requiere la duplicación del tiempo de exposición. Por ejemplo, un factor de acumulación de 3 dB requiere que el tiempo de exposición al ruido se reduzca a la mitad por cada aumento de 3 dB en el nivel de ruido; igualmente, un factor de acumulación de 5 dB requiere que el tiempo de exposición se reduzca a la mitad por cada aumento de 5 dB.

Este término viene definido por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), sobre el cual se hará hincapié en el posterior Capítulo VII del presente trabajo. Según NIOSH, los efectos sobre la salud dependen del nivel y la duración de la exposición, por ello, recomienda aplicar un factor de acumulación de 3

⁶ Tal como se define en la norma internacional ISO 1999: 1990, punto 3.6 (nota 2).

⁷ NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health. Noise and hearing loss prevention. (s.f.). [NIOSH: Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. Prevención del ruido y de la pérdida auditiva.]. Disponible en: <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>

dB, basándose en las conclusiones de un informe⁸, el cual implicó un análisis exhaustivo de la relación entre la pérdida auditiva, el nivel de ruido y la duración de la exposición.

El factor de acumulación de 3 dB también se conoce como la regla o hipótesis de igual energía, porque un aumento o disminución representa una duplicación o reducción a la mitad de la energía del sonido y producen cantidades iguales de discapacidad auditiva independientemente de cómo se distribuya la energía del sonido en el tiempo.

El factor de acumulación de 3 dB es el método más firmemente respaldado por la evidencia científica para evaluar la discapacidad auditiva en función del nivel y la duración del ruido. Esta tasa es la más utilizada en todo el mundo por países como Canadá, Australia, Nueva Zelanda, la República Popular de China, países de Europa y muchos otros; se utiliza también en los EE.UU por la “Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos” (US EPA)⁹ y el “Departamento de Defensa de los Estados Unidos” (US DOD)¹⁰.

Lo más común es el factor de acumulación de 3 dB, aunque otros países, entre ellos EE.UU, para el caso de su norma que regula la exposición de los trabajadores a ruido laboral, utilizan un factor de acumulación de 5 dB.

IV. LEGISLACIÓN EUROPEA SOBRE RUIDO LABORAL

En Europa, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, está asegurado por la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Esta Directiva establece las condiciones mínimas en materia de protección de los

⁸ SUTER, A. “The relationship of the exchange rate to noise-induced hearing loss.”. [“Relación del factor de acumulación con la pérdida auditiva inducida por ruido.”], en *Biblioteca de informes técnicos nacionales (NTIS)*, 1992, núm. 93-118610.

⁹ US EPA: Environmental Protection Agency of The United States of America. [US EPA: Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos]. US EPA es una agencia del gobierno federal de EE.UU encargada de proteger la salud humana y proteger el medio ambiente: aire, agua y suelo.

¹⁰ US DOD: Department of Defense of The United States of America. [US DOD: Departamento de Defensa de los Estados Unidos]. US DOD es responsable de proporcionar las fuerzas militares necesarias para disuadir la guerra y proteger la seguridad de EE.UU.

trabajadores contra los riesgos para su salud y seguridad (en particular, de los riesgos para el oído) que resultan de la exposición al ruido, por ello:

- En su art. 2, define los índices y parámetros acústicos fundamentales, tales como, la presión acústica de pico (P_{pico}) y los niveles de exposición al ruido tanto diario como semanal ($L_{\text{EX},8\text{h}}$).

- En su art. 3 Apartado 1, establece los valores límite de exposición y valores de exposición, tanto superiores como inferiores, que dan lugar a una acción respecto a los niveles de exposición diaria al ruido y la presión acústica de pico; fijándolos de la siguiente manera:

- Valores límite de exposición: $L_{\text{EX},8\text{h}} = 87$ dBA y $P_{\text{pico}} = 200$ Pa (140 dBC respecto a 20 μPa).
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{\text{EX},8\text{h}} = 85$ dBA y $P_{\text{pico}} = 140$ Pa (137 dBC respecto a 20 μPa).
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{\text{EX},8\text{h}} = 87$ dBA y $P_{\text{pico}} = 112$ Pa (135 dBC respecto a 20 μPa).

- En su art.3 apartado 3, hace mención que para los casos de actividades donde la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, se aplicará el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos.¹¹

En esta Directiva no se especifica el modo de llevar a cabo las mediciones de los niveles de ruido, únicamente se refiere, en su Sección II. Obligaciones de los empresarios art. 4 apartado 2, que “Los métodos y aparatos que se utilicen deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los aparatos de medición. [...]”; además, en su

¹¹ Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Artículo 3. Apartado 3a y 3b. “El nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no debe ser superior al valor límite de exposición de 87 dBA, y deberán adoptarse medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades”.

apartado 5 ¹² se menciona que “[...] la evaluación de los resultados de la medición tendrá en cuenta las imprecisiones de medición determinadas de conformidad con la práctica metrológica.”; con todo ello, se puede ver que la Directiva deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, no se hace ninguna mención.

V. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO LABORAL EN ESPAÑA

1. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

En España, el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, es el que establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular para los riesgos para la audición.¹³

Este Real Decreto (RD), en su art. 5 apartado 1, establece valores límite de exposición y valores de exposición (superiores e inferiores) que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, fijándolos de la siguiente manera:

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA y $L_{Pico} = 140$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.

¹² Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, [...]. Sección II. Obligaciones de los empresarios. Artículo 4.

¹³ RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Artículo 1. Objeto. El presente real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

Además, en su art. 5 apartado 3, al igual que lo hace la Directiva 2003/10/CE¹⁴, menciona que en circunstancias debidamente justificadas, en actividades donde el nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,d}$, varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, se podrá evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos utilizando el nivel de exposición semanal al ruido, $L_{Aeq,s}$ ¹⁵ en lugar del nivel de exposición diario equivalente. Además, se dice que para proceder a la evaluación en base semanal deben darse dos condiciones: que el nivel de exposición semanal al ruido no sea superior al valor límite de 87 dBA y que se adopten las medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a las actividades que se realicen.

En su Anexo III apartado 1, hace referencia a cómo realizar la medición de ruido, el RD 286/2006, de 10 de marzo, establece que “Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado”.¹⁶

Otro punto importante a mención es la conservación de los resultados de medición; el RD en su art. 6 apartado 1 menciona que “[...]. Los datos obtenidos de la evaluación y/o medición del nivel de exposición al ruido se conservarán de manera que permita su consulta posterior. [...]”. No se especifica el tiempo exacto que debe conservarse dichos resultados, pero se puede suponer¹⁷ que los resultados deberán conservarse como al menos un año, en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, que es cuando el empresario debe actualizar la información referida a ruido en la evaluación de riesgos.

¹⁴ Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, [...]. Artículo 3 apartado 3.

¹⁵ El indicador $L_{Aeq,s}$ viene definido en el RD 286/2006, de 10 de marzo, [...]. Anexo I apartado 5.

¹⁶ RD 286/2006, de 10 de marzo, [...]. Anexo III apartado 1.

¹⁷ RD 286/2010, de 10 de marzo, [...]. Artículo 6 apartado 4.

2. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST)

En el caso de España, es oportuno mencionar al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, para poder tener en cuenta las recomendaciones sobre medición de ruido que se echan en falta en el RD 286/2006.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) es un organismo autónomo del Gobierno de España que actúa como un órgano Científico-Técnico especializado de la Administración General del Estado de España, el cual tiene como misión el análisis y estudio de las Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como la promoción y apoyo a la mejora de las mismas, dando cumplimiento a las funciones que se encomienda en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

En su “Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido”, proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios, a los responsables de prevención, a los trabajadores y a sus representantes, la interpretación y aplicación del RD 286/2006 especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables.

En el Apéndice 5 de dicha guía recoge las estrategias recomendadas para realizar las mediciones de los niveles de ruido de acuerdo con la normativa técnica existente.

El INSST recomienda aplicar un factor de acumulación de 3dB, en el caso de sobreexposiciones, las cuales podrían darse en actividades donde el nivel equivalente diario o el semanal o el nivel de pico ya están próximos a los valores límites establecidos. (Véase Tabla1¹⁸).

¹⁸ INSST (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO). “Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la Exposición de los Trabajadores al Ruido. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, BOE núm. 60, de 22 de marzo.”, en *Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST)*, 2008, Tabla1. Tiempo máximo de exposición al ruido para alcanzar un nivel equivalente diario de 87 dB(A), pág.29.

Tabla1. Recomendación del INSST (En España) sobre niveles de exposición al ruido según tiempos de exposición

Exposición diaria	Nivel de ruido L_{Aeq} [dBA]
8 horas	87
4 horas	90
2 horas	93
1 horas	96
$\frac{1}{2}$ hora	99
$\frac{1}{4}$ hora	102
7 $\frac{1}{2}$ minutos	105
1 $\frac{1}{2}$ minutos	112
$\frac{1}{2}$ minuto	117
15 segundos	120

VI. LEGISLACIONES SOBRE RUIDO LABORAL EN OTROS PAISES DE EUROPA

1. Portugal

En Portugal, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por el Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006, transposición de la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).¹⁹

El Decreto Ley 182/2006 especifica los tres valores de exposición a ruido con los mismos valores como los fija la Directiva 2003/10/CE.

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA y $L_{Pico} = 140$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.

¹⁹ Portugal. Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006, transposición de la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Disponible en: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/539986/details/maximized>

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

En cuanto a las mediciones de ruido, el Decreto Ley 182/2006 en su Anexo I apartado 3, hace referencia a que “Las mediciones deben realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído más expuesto. Cuando la presencia del trabajador fuere necesaria, el micrófono debe ser colocado a una distancia de entre 0,1 m y 0,3 m de distancia frente al oído más expuesto del trabajador. En el caso de usar un dosímetro u otro dispositivo de medición sobre el trabajador, el micrófono puede ser fijado a la ropa, al hombro, al cuello o al casco, respetando las distancias mencionadas anteriormente. La dirección del micrófono debe ser, si es posible, el de ruido máximo, determinado por un barrido angular del micrófono alrededor del punto a medir.”²⁰

Además en su apartado 4 sobre los intervalos de tiempo de medición, menciona que “El intervalo de tiempo de medición debe ser escogido de modo que al medir se englobe todas las variaciones importantes de los niveles sonoros en los puestos de trabajo y que los resultados obtenidos evidencien repetibilidad. [...]. De modo que sea posible obtener niveles de exposición sonora o niveles sonoros continuos equivalentes, ponderados A, estabilizados a más o menos 0,5 dBA.”²¹. Con esto se refiere a que los valores medidos no difieran en más de 0,5 dBA unos de otros para poder dar como válidos los resultados medidos.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, el Decreto Ley 182/2006 en su art. 14 menciona que “[...]. Los registros y archivos deberán conservarse durante, al menos, 30 años después de finalizada la exposición de los trabajadores a los que se refiere. Si la empresa cesara su actividad, los registros y archivos deben ser transferidos al Centro Nacional de Protección contra Riesgos Profesionales, el cual asegura su confidencialidad.”

2. Francia

En Francia, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado

²⁰ Portugal. Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006, [...]. Anexo I núm. 3.

²¹ Portugal. Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006, [...]. Anexo I núm. 4.

por el Decreto 2006-892, de 19 de julio de 2006, relativo a los requisitos de seguridad y salud aplicables en caso de exposición de los trabajadores a riesgos por ruido y que modifica el código laboral (Segunda parte: Decretos del Consejo de Estado).²²

El Decreto 2006-892 especifica los tres valores de exposición a ruido con los mismos valores como los fija la Directiva 2003/10/CE.

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA y $L_{Pico} = 140$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

En cuanto a las mediciones de ruido, el Decreto 2006-892 no especifica el modo de llevarlas a cabo, únicamente se menciona en el art. 1 sección 10 subsección 2 que “La evaluación de los niveles de ruido y su medición serán realizadas por personas competentes, y en caso que lo necesite, puede contar con la asistencia del servicio de salud laboral. [...]. El empresario deberá tener en cuenta el nivel, tipo y duración de la exposición, incluido el ruido de carácter impulsivo.”. Por lo que se deduce que la ley deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, el Decreto 2006-892 en su art.1 sección 10 subsección 2 menciona que “[...]. La evaluación de los niveles de ruido y los resultados de la medición deben conservarse de forma que permita la consulta por un periodo de 10 años.”.

3. Italia

En Italia, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por el Decreto Legislativo 195, de 10 de abril de 2006, aplicación de la

²² Francia. Decreto 2006-892, de 19 de julio de 2006, relativo a los requisitos de seguridad y salud aplicables en caso de exposición de los trabajadores a riesgos por ruido y que modifica el código laboral (Segunda parte: Decretos del Consejo de Estado). Disponible en: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000425550&dateTexte>

Directiva 2003/10/CE sobre la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido)²³; en la cual se establecen los valores límites de exposición a ruido.

El Decreto Legislativo 195 especifica los tres valores de exposición a ruido con los mismos valores como los fija la Directiva 2003/10/CE (2003).

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA y $L_{Pico} = 140$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

Respecto a las mediciones de ruido, el Decreto Legislativo 195 no especifica el modo de llevarlas a cabo, únicamente se menciona, al igual que en la Directiva, que la medición debe adecuarse a las condiciones existentes y en particular, a las características del ruido que se vaya a medir, su duración de exposición y los aparatos de medición.

Este Decreto Legislativo no hace ninguna mención sobre el periodo de conservación de los resultados de medición, pero se puede suponer, según su capítulo II art. 49, que los resultados deberán conservarse al menos cuatro años, que es cuando el empresario está obligado a actualizar la evaluación de riesgos.

4. Alemania

En Alemania, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por la Ordenanza de 6 de marzo de 2007 sobre seguridad y salud en el trabajo sobre ruidos y vibraciones, Gaceta de Leyes Federales I, pág. 261.²⁴

²³ Italia. Decreto Legislativo 195, de 10 de abril de 2006, aplicación de la Directiva 2003/10/CE sobre la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Disponible en: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2006/05/30/006G0214/sg>

²⁴ Alemania. Ordenanza de 6 de marzo de 2007 sobre seguridad y salud en el trabajo sobre ruidos y vibraciones, Gaceta de Leyes Federales I, pág. 261. Disponible en: http://www.gesetze-im-internet.de/l_rmvibrationsarbschv/index.html

En dicha Ordenanza se especifican los tres valores de exposición a ruido, al igual que lo fija la Directiva 2003/10/CE, pero en este caso, hace coincidir el valor superior de exposición y el valor límite de exposición al ruido para los trabajadores; además, el valor de pico fijado es más restrictivo que en la Directiva.

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: Son los mismos que los valores límites de exposición. $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

Respecto a las mediciones de ruido, la Ordenanza no hace mención sobre el modo de llevarlas a cabo, únicamente se menciona en la parte 1 sección 2 apartado 5 que “El empresario debe asegurarse que las mediciones de ruido sean realizadas únicamente por personas competentes. Si el empresario no tiene conocimiento relevante por sí mismo, podrá obtener asesoramiento de expertos. [...]”. Por lo que la ley deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, la Ordenanza en su parte 1 sección 2 apartado 4 menciona que “[...] El empresario debe mantener los resultados de las mediciones de ruido durante al menos 30 años. [...]”.

5. Suecia

En Suecia, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por las Disposiciones de la Autoridad Sueca para ruido en el trabajo, AFS2005:16.²⁵

En dicho reglamento se especifica los tres valores de exposición a ruido, al igual que lo fija la Directiva 2003/10/CE, pero en este caso, hace coincidir el valor superior

²⁵ Suecia. Disposiciones de la Autoridad Sueca para ruido en el trabajo, AFS2005:16. Disponible en: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/buller-afs-200516/>

de exposición y el valor límite de exposición al ruido para los trabajadores; además, el valor de pico fijado es más restrictivo que en la Directiva.

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: Son los mismos que los valores límites de exposición. $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

En cuanto a las mediciones de ruido, el reglamento AFS2005:16 no especifica el modo de llevarlas a cabo, únicamente menciona en su el capítulo 6 que “[...] se realizarán mediciones, las cuales deben ser realizadas en intervalos apropiados y por un experto. Al medir, se debe prestar especial atención a lo siguiente: (a) Los métodos y equipos utilizados deben adaptarse a las condiciones actuales. Se prestará especial atención a las características del ruido a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características específicas del equipo de medición. [...]”. Por lo que la ley deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, la regulación sueca en su capítulo 7 menciona que “[...] Las evaluaciones de riesgos y mediciones deben documentarse y conservarse para que los datos puedan utilizarse en una fecha posterior.”. Por lo que se supone debe conservarse, al menos, hasta que el empresario esté obligado a actualizar la información referida a ruido en la evaluación de riesgos.

6. Reino Unido

En Reino Unido, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por el Reglamento 2005 núm. 1643 sobre el Control de ruido en el trabajo.²⁶

²⁶ Reino Unido. Reglamento 2005 núm. 1643 sobre el Control de ruido en el trabajo. Disponible en: <https://www.legislation.gov.uk/ukSI/2005/1643/contents/made>

Este reglamento especifica los tres valores de exposición a ruido con los mismos valores como los fija la Directiva 2003/10/CE.

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 87$ dBA y $L_{Pico} = 140$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 137$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

En cuanto a las mediciones de ruido, no especifica el modo de llevarlas a cabo, únicamente menciona en su capítulo 5 apartado 1 que “El empresario debe hacer una evaluación adecuada y suficiente del riesgo a exposición de ruido de sus trabajadores, y es responsable de las medidas que deben tomarse para cumplir con los requisitos expuestos en el Reglamento.”. Por lo que la ley deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En cuanto a la conservación de los resultados de medición, no se hace ninguna mención. Por lo que se supone debe conservarse, al menos, hasta que el empresario esté obligado a actualizar la información referida a ruido en la evaluación de riesgos.

7. Polonia

En Polonia, la protección de los trabajadores contra los daños derivados de la exposición prolongada a fuentes de ruido, en el marco de su actividad profesional, viene regulado por el Reglamento del Ministerio de Economía y Trabajo, de 5 de agosto de 2005, sobre seguridad y salud en el trabajo, cuando se trabaja con exposición a ruidos o vibraciones mecánicas²⁷; donde se establece, en su Anexo capítulo 1 apartados 1 y 2, los límites inferiores de exposición a ruido laboral; y por el Reglamento del Ministerio de Familia, Trabajo y Política Social, de 12 de junio de 2018, sobre las concentraciones e intensidades máximas permisibles de factores nocivos para la salud en el entorno

²⁷ Polonia. Reglamento del Ministerio de Economía y Trabajo, de 5 de agosto de 2005, sobre seguridad y salud en el trabajo, cuando se trabaja con exposición a ruidos o vibraciones mecánicas. Diario de las Leyes de 2005, núm. 157, art. 1318. Disponible en: <http://www.przepisy.gofin.pl/przepisy,4,18,39,40,,,rozporzadzenie-ministra-gospodarki-i-pracy-z-dnia-5082005-r.html>

laboral²⁸; donde se establece en su apéndice 2 apartado A (1.3) los límites máximos de exposición a ruido laboral.

Los límites de exposición a ruido establecidos en Polonia por ambos reglamentos son los siguientes:

- Valores límite de exposición: $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.
- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: Son los mismos que los valores límites de exposición. $L_{Aeq,d} = 85$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.
- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80$ dBA y $L_{Pico} = 135$ dBC.

En cuanto a las mediciones de ruido y la conservación de los resultados de medición, la regulación polaca no hace mención alguna.

VII. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO LABORAL EN EE.UU

1. Norma OSHA, núm. 1910, Subparte G, “Seguridad Ocupacional y Control Ambiental”. 1910.95, exposición a ruido ocupacional.

En EE.UU, la norma que regula los procedimientos que garantizan la protección de los trabajadores contra el ruido laboral estableciendo límites a la exposición al ruido en los lugares de trabajo es la Norma OSHA, núm. 1910, Subparte G, Seguridad Ocupacional y Control Ambiental. 1910.95, exposición a ruido ocupacional.

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional, OSHA²⁹, es parte del Departamento de Trabajo de EE.UU y uno de sus objetivos es garantizar condiciones de trabajo seguras, estableciendo y haciendo cumplir estándares, proporcionando capacitación, divulgación, educación y asistencia.

²⁸ Polonia. Reglamento del Ministerio de Familia, Trabajo y Política Social, de 12 de junio de 2018, sobre las concentraciones e intensidades máximas permisibles de factores nocivos para la salud en el entorno laboral. Diario de las Leyes de 2018, art. 1286. Disponible en:

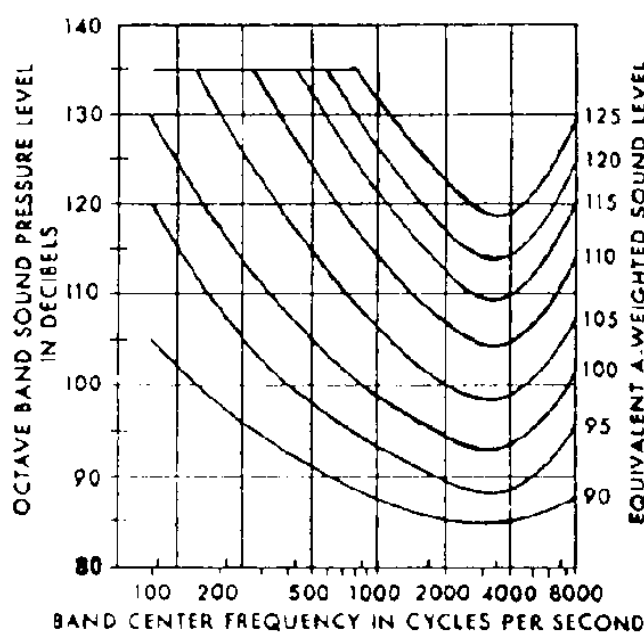
<http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180001286>

²⁹ OSHA: Occupational Safety and Health Administration. [OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.].

La evaluación sobre la exposición al ruido en los lugares de trabajo se basa en la idea de dosis absorbida, por ello, de acuerdo con lo que establece la Norma, si el nivel de presión sonora aumenta, el tiempo de exposición permitido disminuye. Esta suposición permite al trabajador no superar la dosis máxima permitida.

Según la Norma OSHA 1910, el máximo nivel de exposición diario a ruido (denominado, en EE.UU, límite de exposición permisible “PEL”³⁰) al que un trabajador puede estar expuesto durante una jornada laboral de ocho horas es 90 dBA.

Cuando los niveles de ruido se determinan mediante análisis de bandas de octava, el nivel de sonido equivalente ponderado A se puede determinar a partir de la Gráfica1.



Gráfica1. Valor de L_{Aeq} según el nivel de presión sonora de banda de octava (dB) frente a la frecuencia central de banda en ciclos por segundo.³¹

Los niveles de presión acústica en bandas de octava se pueden convertir al nivel sonoro ponderado A equivalente trazándolos en la Gráfica1 y anotando el nivel sonoro ponderado A correspondiente al punto de mayor penetración en los contornos del nivel

³⁰ PEL: Permissible Exposure Level. [PEL: Nivel de Exposición Permissible.].

³¹ DEPARTAMENTO DE TRABAJO DE EE.UU. “Exposición al ruido laboral”, en *Normas de salud y seguridad ocupacional. Salud ocupacional y control ambiental. (1910.95a)*. [Figura]. Disponible en: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>

sonoro. Este nivel de sonido equivalente ponderado A, que puede diferir del nivel de sonido ponderado A real del ruido, se utiliza para determinar los límites de exposición de la Tabla2.

Cuando la exposición diaria al ruido se compone de dos o más períodos de exposición al ruido de diferentes niveles, su combinación debe considerarse el efecto, en lugar del efecto individual de cada una. Si la suma de las siguientes fracciones:

$$\frac{C(1)}{T(1)} + \frac{C(2)}{T(2)} + \dots + \frac{C(n)}{T(n)} \geq 1 \quad [Ec. 1]$$

Dónde:

- C(i) representa el tiempo total en horas de exposición a un nivel de ruido específico
- T(i) es el tiempo total en horas de exposición permitido a ese nivel.

Si el valor de la suma presentado en la ecuación anterior supera la unidad, el nivel de ruido total es superior al valor límite y por tanto, el empresario deberá aplicar las medidas y/o protecciones necesarias.

Tabla2. Niveles de exposición al ruido permitidos y tiempos de exposición - Norma OSHA

Exposición diaria	Nivel de ruido L _{Aeq} [dBA]
8 horas	90
6 horas	92
4 horas	95
3 horas	97
2 horas	100
1 ½ hora	102
1 hora	105
½ hora	110
¼ hora	115

En cualquier caso, de acuerdo con la norma OSHA 1910, la exposición al ruido impulsivo no debe exceder un nivel máximo de presión sonora pico de 140 dB.

Además, OSHA recomienda reducir a la mitad el tiempo de exposición siempre que el nivel de ruido aumente en 5 dBA, esto se puede ver reflejado en la Tabla2 anteriormente expuesta.

Según la norma OSHA 1910, cuando los trabajadores estén expuestos a niveles de ruido de 85 dBA o más, el empresario debe tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición establecidos.

Cuando los niveles de ruido supongan un riesgo para la salud, se debe garantizar una adecuada vigilancia de la salud de los trabajadores. Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los 85dBA tendrán derecho a solicitar una prueba audiométrica. El control audiométrico es de carácter obligatorio en caso de estar en el límite de 90 dBA.

2. Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)

Del mismo modo en que se mencionó anteriormente el INSST, en el caso de EE.UU, es oportuno mencionar al Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)³², para poder tener en cuenta su papel y poder realizar una posterior comparación entre las legislaciones tanto de EE.UU como de Europa.

NIOSH es una agencia federal responsable de realizar investigaciones y adoptar recomendaciones para la prevención de accidentes laborales. Pero, a diferencia de OSHA, NIOSH no es entidad reguladora; no publica normativas sobre salud y seguridad exigibles bajo la ley de EE.UU. Cabe señalar que, a pesar de que ambos sistemas se refieren a la misma red legislativa, las recomendaciones proporcionadas por NIOSH están basadas en un marco de estudios e investigaciones realizadas en su mandato institucional.

NIOSH recomienda que el nivel de presión sonora continua equivalente ponderada en A para una jornada laboral nominal de ocho horas, $L_{Aeq,d}$, a la que está expuesta un trabajador debe estar por debajo de 85 dBA.

³² NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health. [NIOSH: Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional.].

Además, NIOSH recomienda reducir a la mitad el tiempo de exposición siempre que el nivel aumente en 3dB, porque cualquier aumento en el nivel de 3dB corresponde a una duplicación de la energía del sonido. (Véase Tabla3.)

Tabla3. Recomendación de NIOSH para niveles de exposición al ruido según tiempos de exposición.

Exposición diaria	Nivel de ruido L_{Aeq} [dBA]
8 horas	85
4 horas	88
2 horas	91
1 horas	94
½ hora	97
¼ hora	100
7 ½ minutos	103
1 ½ minutos	106
½ minuto	109

VIII. COMPARATIVA ENTRE LEGISLACIONES

Tal y como se ha visto en el Capítulo VII del presente trabajo, en EE.UU, la Norma OSHA 1910 establece dos límites de exposición para los trabajadores expuestos a ruido; un valor límite de exposición en 90 dBA referido al nivel de exposición diaria permisible y un valor límite de exposición en 140 dB referido al nivel de pico. NIOSH, como agencia federal mundialmente reconocida y basado en un marco de estudios e investigaciones realizadas en su mandato institucional, recomienda establecer un valor límite de exposición en 85 dBA referido al nivel de exposición diaria permisible.

En EE.UU, la norma establece que la exposición al ruido continuo (si las variaciones en el nivel de ruido implican máximos a intervalos de un segundo o menos en estado estable) esté limitada a un máximo de 115 dBA y la exposición a ruidos impulsivos o de impacto no exceda el nivel de presión acústica máxima de 140 dB.

En Europa, las exposiciones a ruido laboral de la mayoría de los países europeos, pertenecientes a la Unión Europea (UE), se establecen de acuerdo con la Directiva 2003/10/CE.

Como se ha visto en el Capítulo IV, la directiva especifica tres límites de exposición para los trabajadores expuestos al ruido; valores límite de exposición y

valores de exposición (superiores e inferiores) que dan lugar a una acción, los cuales están referidos a los niveles de exposición diaria equivalente y a los niveles de pico para una jornada de 8 horas diarias; la directiva también utiliza estos valores para el uso de límites semanales de exposición a ruido, en casos justificados, donde la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, esto es para trabajadores expuestos a ruido de 8 horas diarias durante cinco días hábiles en una sola semana laboral.

La UE fija los *niveles de exposición diaria equivalente* con un valor inferior de exposición que da lugar a una acción en 80 dBA, un valor superior de exposición que da lugar a una acción en 85 dBA y un valor límite de exposición de 87 dBA. Al igual que OSHA y NIOSH, la directiva también especifica el *valor para nivel de pico*; con un valor inferior de exposición que da lugar a una acción en 135 dBC, un valor superior de exposición que da lugar a una acción en 137 dBC y un valor límite de exposición de 140 dBC.

Para la aplicación de dichos valores límite de exposición, la Directiva menciona que se debe tener en cuenta la atenuación de los protectores auditivos individuales en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido; mientras que, para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se debe tener en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

Dependiendo del límite de exposición a ruido en que se encuentre la empresa, se activan diferentes requisitos. Por ejemplo, en EE.UU, a partir de 85 dBA se debe realizar una capacitación a los trabajadores afectados para que sean conscientes sobre los riesgos a los que están expuestos en su puesto de trabajo, establecer medidas para reducir la exposición a ruido, poner a disposición de los afectados las protecciones individuales necesarias y dar opción a controles auditivos; A partir de 90 dBA se debe implantar medidas para reducir la exposición, restringir acceso a personas ajenas a dichas áreas y realizar controles audiométricos para detectar posibles lesiones auditivas. En Europa, las exposiciones a un nivel diario equivalente superior a 80 dBA activan los requisitos de información y formación de los trabajadores expuestos, relativo a los riesgos derivados de su puesto de trabajo, la puesta a disposición de protección auditiva individual a los trabajadores expuestos y la opción de poder realizarse un control audiométrico preventivo; las exposiciones superiores a 85 dBA desencadena establecer

medidas destinadas a la reducción de ruido, señalizar, delimitar y limitar el acceso a las áreas de exposición, requerir el uso de protectores auditivos individuales y realizar obligatoriamente controles audiométricos a los trabajadores expuestos; y las exposiciones superiores a 87 dBA activan los requisitos de implantar medidas que reduzcan la exposición por debajo de los valores límite, determinar la sobreexposición, implementar controles de ruido e informar y formar a los trabajadores expuestos sobre los riesgos que les acontece.

Si bien la mayoría de los países de la UE han adoptado la Directiva 2003/10/CE estableciendo sus reglamentos con los mismos valores límite para la exposición a ruido laboral, y activando los mismos requisitos dependiendo del límite de exposición a ruido en que se encuentre la empresa, como es el caso de España, Portugal, Francia e Italia; otros países europeos han adoptado medidas más restrictivas que la propia Directiva.

Por ejemplo, países como Suecia y Polonia, establecen su valor superior de exposición que da lugar a una acción en 135 dBC (referido al nivel de pico) en lugar de los 137 dBC que propone la Directiva 2003/10/CE; y establecen sus valores límites de exposición a 85 dBA y 135 dBC, referido al nivel diario equivalente y nivel de pico, respectivamente; frente a los 87 dBA y 140 dBC que propone la Directiva. En el caso de Alemania, los valores de exposición que dan lugar a una acción (tanto superiores como inferiores) coinciden con la Directiva Europea, pero Alemania es más restrictiva en cuanto a sus valores límite de exposición, ya que los limita a 85 dBA (igual que Suecia y Polonia) y 137 dBC, referidos al nivel diario equivalente y nivel de pico, respectivamente. Lo descrito se refleja a modo de vista general en la Tabla4.

En EE.UU, tanto la Norma OSHA 1910, como las recomendaciones que hace NIOSH, especifican los límites de ruido permitidos basados en la idea de “una dosis de ruido diaria máxima permitida”³³, expresada en porcentajes. Por ejemplo, una persona expuesta a 85 dBA por NIOSH o 90 dBA por la Norma OSHA durante un turno de trabajo de 8 horas, alcanzará el 100% de su dosis diaria de ruido.

³³ Dosis: Cantidad de exposición real en relación con la cantidad de exposición permitida, y para que 100% o más representa exposiciones que son peligrosas. La dosis de ruido se calcula según la siguiente fórmula: $D = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) * 10$. Donde: C_n = tiempo total de exposición a un nivel de ruido especificado, T_n = tiempo de exposición en el que el ruido para este nivel se vuelve peligroso. Fuente: NIOSH. Exposición a ruido ocupacional. (1998. Última revisión: 6 de junio de 2014). Disponible en: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/default.html>

Tabla4. Comparación de límites de exposición a ruido

País	Norma	Valores inferiores de exposición que da lugar a una acción ^(a)		Valores superiores de exposición que da lugar a una acción ^(b)		Valores límite de exposición ^(c)		Factor de acumulación [dB]
		L _{Aeq,d} [dBA]	L _{Pico} [dBC]	L _{Aeq,d} [dBA]	L _{Pico} [dBC]	L _{Aeq,d} [dBA]	L _{Pico} [dBC]	
EE.UU	NIOSH*					85		3 dB
EE.UU	OSHA 1910 Subparte G			85		90**	140 dB	5 dB
EUROPA	Directiva 2003/10/CE	80	135	85	137	87	140	3 dB
ESPAÑA	RD 286/2006	80	135	85	137	87	140	3 dB
PORTUGAL	Decreto Ley 182/2006	80	135	85	137	87	140	3 dB
FRANCIA	Decreto 2006-892	80	135	85	137	87	140	3 dB
ITALIA	Decreto Legislativo 195	80	135	85	137	87	140	3 dB
ALEMANIA	Ordenanza de 6 de marzo de 2007	80	135	85	137	85	137	3 dB
SUECIA	AFS2005:16	80	135	85	135	85	135	3 dB
REINO UNIDO	Reglamento 2005 No.1643	80	135	85	137	87	140	3 dB
POLONIA	- Reglamento de 5 de agosto de 2005 - Reglamento de 12 de junio de 2018	80	135	85	135	85	135	3 dB
<p>(a) Para los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.</p> <p>(b) Para los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.</p> <p>(c) Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores.</p> <p>*No es una regulación propiamente dicha, pero al ser una agencia federal de EE.UU, reconocida mundialmente, se cree conveniente tenerla en cuenta para la comparación posterior.</p> <p>**Hasta 115 dBA si se reduce el tiempo de exposición de acuerdo con el factor de acumulación.</p>								

NIOSH estima que aproximadamente uno de cada cuatro trabajadores expuestos a 90 dBA (límite permisible por OSHA) durante una vida laboral de 40 años sufrirá una pérdida de audición, en comparación con solo uno de cada doce trabajadores expuestos a 85 dBA (límite permisible recomendado por NIOSH).

Dado que OSHA utiliza un factor de acumulación³⁴ de 5 dB, una exposición a 95dBA equivale a una dosis del 200%, mientras que una exposición a 85 dBA equivale a una dosis del 50%. En el caso de seguir la recomendación de NIOSH, el cual utiliza un factor de acumulación de 3 dB, la dosis de ruido del 200% se alcanzaría con 88 dBA (7dBA por debajo de OSHA), mientras que una dosis del 50% se alcanzaría con 82 dBA (3 dBA por debajo de OSHA).

Tanto NIOSH como OSHA afirman que la dosis de ruido se basa tanto en el nivel de exposición (medido en dB) como en su duración, por lo que por cada aumento de 3 dB (NIOSH) o 5 dB (OSHA) en los niveles de ruido, se debe reducir la duración de la exposición a ruido a la mitad. Los países de Europa han adoptado un ratio de 3dB para el factor de acumulación, siguiendo la recomendación de NIOSH.

Según el criterio del factor de acumulación, un trabajador en EE.UU puede estar expuesto a un ruido de 100 dBA en su puesto de trabajo durante 2 horas, mientras que en los países de Europa, que han establecido sus límites con los mismos valores que marca la Directiva Europea, ese mismo trabajador expuesto a ese mismo ruido de 100 dBA en su puesto de trabajo puede permanecer media hora, y en países europeos más restrictivos como lo son Suecia, Alemania y Polonia ese mismo trabajador expuesto a ese mismo ruido de 100 dBA en su puesto de trabajo puede permanecer únicamente 15 minutos. Lo descrito se refleja a modo de vista general en la Tabla5.

Como dato interesante a mencionar, Nueva Zelanda, en su informe sobre “Evaluación Auditiva y Gestión del Ruido Laboral”³⁵ predice una pérdida de audición de 10 dB para el 95% de trabajadores que estén expuestos a niveles de ruido de 85 dBA durante 8 horas al día a lo largo de 40 años trabajados.

Por todo lo expuesto anteriormente, se debe tener especial consideración al realizar las mediciones de ruido, ya que mediciones inadecuadas o realizadas con diferentes métricas pueden dar lugar a conclusiones divergentes. También se debe tener en cuenta que “Cuanto mayor sea la variabilidad, intermitencia o impulsividad de un

³⁴ Factor de acumulación: Definido en el Capítulo III Apartado 5 del presente este trabajo.

³⁵ AS/NZS 1269.4. “Occupational Noise Management Auditory Assessment”. (Australia 2014).

perfil de ruido, mayor será la divergencia entre las métricas.”.³⁶ Por ende, al realizar la evaluación y medición se deberá tener en cuenta estos factores.

Tabla5. Comparación de límites de exposición a ruido Europa – NIOSH – OSHA aplicando el factor de acumulación correspondiente.

País	Norma	Valores límite de exposición ^(a) L _{Aeq,d} [dBA] 8 horas	Nivel de exposición permitida (dBA) durante un periodo de tiempo de: [Horas]					Factor de acumulación** [dB]
			4	2	1	1/2	1/4	
EE.UU	NIOSH	85	88	91	94	97	100	3 dB
EE.UU	OSHA 1910 Subparte G	90	95	100	105	110	115*	5 dB
EUROPA	Directiva 2003/10/CE	87	90	93	96	99	102	3 dB
ESPAÑA	RD 286/2006	87	90	93	96	99	102	3 dB
PORTUGAL	Decreto Ley 182/2006	87	90	93	96	99	102	3 dB
FRANCIA	Decreto 2006-892	87	90	93	96	99	102	3 dB
ITALIA	Decreto Legislativo 195	87	90	93	96	99	102	3 dB
ALEMANIA	Ordenanza de 6 de marzo de 2007	85	88	91	94	97	100	3 dB
SUECIA	AFS2005:16	85	88	91	94	97	100	3 dB
REINO UNIDO	Reglamento 2005 No.1643	87	90	93	96	99	102	3 dB
POLONIA	- Reglamento de 5 de agosto de 2005 - Reglamento de 12 de junio de 2018	85	88	91	94	97	100	3 dB

(a) Exposición diaria de 8 horas. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores.
*OSHA solo permite llegar hasta un máximo de 115 dBA si se reduce el tiempo de exposición de acuerdo con el factor de acumulación.
**Nota: Los países de Europa han adoptado un ratio de 3dB para el factor de acumulación, siguiendo la recomendación de NIOSH. Las normas de estos otros países no proporcionan ninguna documentación de fácil acceso sobre el riesgo excesivo de discapacidad auditiva sobre la que se basan los límites.

Tanto en la Directiva Europea como en la Norma OSHA, no se especifica el modo de llevar a cabo las mediciones de los niveles de ruido, únicamente, se refieren a que deben realizarse por personas competentes y los métodos y aparatos que se utilicen deberán adecuarse a las condiciones existentes en el área de exposición; teniendo en cuenta, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los aparatos de medición. Además,

³⁶ NEITZEL, R., FLIGOR, B. “Determination Of Risk Of Noise-Induced Hearing Loss.”, en *Make Listening Safe*, OMS (Organización Mundial De La Salud), 2017.

añaden que se debe considerar las imprecisiones de medición determinadas de conformidad con la práctica metrológica, es decir, de los instrumentos de medida.

En Europa, países como Francia, Italia, Alemania, Suecia, Reino Unido y Polonia, tampoco especifican en sus legislaciones el modo de realizar las mediciones de ruido; se deja al empresario como responsable último de realizar las mediciones de ruido de manera adecuada.

En el caso de España, sí que se hace mención en el RD 286/2006 sobre cómo realizar dichas mediciones. La primera opción que se indica es realizar las mediciones de ruido, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. El RD no especifica que oído debería evaluarse (derecho o izquierdo), a que altura se debe colocar el micrófono (no todos los trabajadores afectados tienen la misma estatura), la dirección a la que debe apuntar el micrófono, ni cuántas mediciones deben hacerse para que estos valores sean ajustados a la realidad; además, la mayoría de las veces cumplir con la condición de medición con ausencia del trabajador afectado no es posible. La segunda opción, es realizar la medición en presencia del trabajador afectado, en este caso el RD dice que se debe colocar el micrófono, de preferencia, frente al oído del trabajador, en torno a unos 10 cm de distancia, y en caso de que se tenga que situar el micrófono cerca del cuerpo del afectado, debe efectuarse ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado. En esta opción tampoco se especifica en que oído debería evaluarse (derecho o izquierdo), ni se propone como realizar esos ajustes adecuados para asemejar el área de exposición a un campo sonoro no perturbado. También es de considerar que en el caso de utilizar un dosímetro y colocarlo en el hombro del trabajador, no se está colocando el dispositivo de medición frente al oído, sino debajo; y a una distancia de aproximadamente 15 cm y no de los 10 cm a los que hace mención el RD.

En el caso de Portugal, el Decreto Ley sí se extiende un poco más en la forma de llevar a cabo la medición de ruido. La legislación portuguesa ofrece dos opciones, similares a las de España pero añade matices relevantes. La primera opción indica realizar las mediciones de ruido, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído “más expuesto”, este matiz es importante a la hora de proceder a la medición; pero al igual

que en el caso anterior, no especifica a que altura se debe colocar el micrófono, la dirección a la que debe apuntar el micrófono, ni cuántas mediciones deben hacerse para que estos valores sean ajustados a la realidad. La segunda opción, es realizar la medición en presencia del trabajador afectado, el Decreto Ley dice que el micrófono debe ser colocado a una distancia de entre 10 cm y 30 cm de distancia, frente al oído más expuesto del trabajador; y en caso de que se tenga que situar el micrófono sobre el cuerpo del trabajador se debe respetar las distancias mencionadas anteriormente. A diferencia de la legislación española, el realizar la medida con un dosímetro colocándolo en el hombro del trabajador, aunque no se coloque el dispositivo de medición frente al oído, sino debajo; sí que estaríamos respetando el rango de distancia que menciona el Decreto Ley (considerando que la distancia del dosímetro al hombro del trabajador es 15 cm aproximadamente). Además, la legislación portuguesa añade que la dirección del micrófono deber ser, si es posible, el de ruido máximo determinado por un barrido angular del micrófono alrededor del punto a medir. Este matiz es importante para poder tener en cuenta la direccionalidad del ruido, y es un punto del que carece la legislación española.

El Decreto Ley también hace mención sobre los intervalos de tiempo de medición, se dice que éste debe ser escogido de modo que al medir se englobe todas las variaciones importantes de los niveles sonoros en los puestos de trabajo y que los resultados obtenidos evidencien repetibilidad, de modo que sea posible obtener niveles de exposición (ponderados A) estabilizados a más o menos 0,5 dBA. Este es otro punto clave para validar o no los resultados de la medición; ya que para dar los resultados de las mediciones de ruido según intervalos, no deben diferir en más de 0,5 dBA unos de otros.

Otro tema interesante a comparar es la conservación de los resultados de medición, ya que puede ser de utilidad en casos donde un trabajador desarrolle una posible enfermedad profesional derivada de ruido laboral; éste puede necesitar evidenciar que su enfermedad es producto de su exposición a ruido en su puesto de trabajo y necesitará basarse en los valores de exposición a ruido a los que ha estado expuesto.

Tanto en la Directiva Europea como en la Norma OSHA, no se especifica el tiempo que el empresario debe conservar los resultados de las mediciones de ruido en el

puesto de trabajo. En países como Italia, Reino Unido y Polonia tampoco se hace mención, por lo que se deduce que los resultados de las mediciones podrán ser conservados, al menos, hasta que el empresario este obligado a actualizar la información referida a ruido en la evaluación de riesgos.

Por ejemplo, en España y Suecia, aunque no se especifica el tiempo exacto que debe conservarse los resultados de las mediciones, sus legislaciones sí que mencionan que los resultados deben conservarse de manera que se permita su consulta posterior. Al igual que lo mencionado anteriormente, se puede deducir que los resultados de las mediciones podrán ser conservados, al menos, hasta que el empresario este obligado a actualizar la evaluación de riesgos.

Hay otros países europeos que sí especifican el tiempo exacto que deben conservarse los resultados de las mediciones de ruido; en el caso de Francia, su legislación especifica que los resultados deben conservarse, al menos, un periodo de 10 años; en Alemania y Portugal, deben conservarse, al menos, 30 años; pero la legislación portuguesa añade también que en caso de que la empresa cesara su actividad, los registros y archivos correspondiente a los resultados de medición de ruido deben ser transferidos al Centro Nacional de Protección contra Riesgos Profesionales, el cual asegura la confidencialidad de los datos cedidos.

IX. PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIENCIA

En la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido), se define los índices y parámetros acústicos fundamentales: presión de pico (P_{Pico}), niveles de exposición diaria y semanal ($L_{EX,8h}$) pero no describe cómo han de realizarse las medidas.

El RD 286/2006, que es trasposición de la Directiva 2003/10/CE, sí que describe cómo deben realizarse dichas mediciones. A este respecto, el RD 286/2006 establece que “Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente,

frente a su oído, a unos 10 cm de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado”.³⁷

En la mayoría de las situaciones donde se tienen elevados niveles sonoros, la presencia del trabajador es necesaria. Además, la posición del trabajador no es estática y requiere de espacio libre a su alrededor para manipulación de piezas o maquinaria, por lo que la colocación del micrófono en posición fija resulta problemática, sobre todo la de un sonómetro.

También cabría la duda de la posición por su influencia en la medida de los niveles de pico, con potenciales diferencias entre posiciones, dada la fuerte directividad y apantallamiento de este tipo de sonidos. Ciertamente, no es evidente cómo “deben efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado”.

En el caso de la evaluación de ruido en puestos de trabajo, la mayoría de las legislaciones establecen límites tanto para el nivel de exposición (principalmente) pero también para los niveles de “pico” instantáneos. A priori, la variabilidad de las diferentes (y razonables) condiciones de la medida no producirá grandes diferencias para el primer índice. Sin embargo, es presumible mayor variabilidad para el segundo, por las razones citadas anteriormente. También serán elevadas para el nivel de exposición si los sonidos impulsivos son dominantes y muy direccionales.

Sin duda, el objetivo debe ser (enfocado a la prevención de la pérdida auditiva inducida por el ruido) la evaluación del ruido en la posición de los tímpanos del trabajador, como valor “objetivo” de la verdadera exposición del trabajador. Para valores fuertemente dependientes de la posición (P_{pico}) no es descartable que se obtengan significativas diferencias.

³⁷ RD 286/2006, de 10 de marzo, [...]. Anexo III apartado 1.

Parte experimental:

Nos planteamos llevar a cabo una serie de medidas con grabación de cuatro canales para analizar las posibles diferencias entre los mismos, así como sus diferencias con la recomendada posición central única (cuando ésta fuera posible). El procedimiento podría ser el siguiente. (Véase Fig3.).

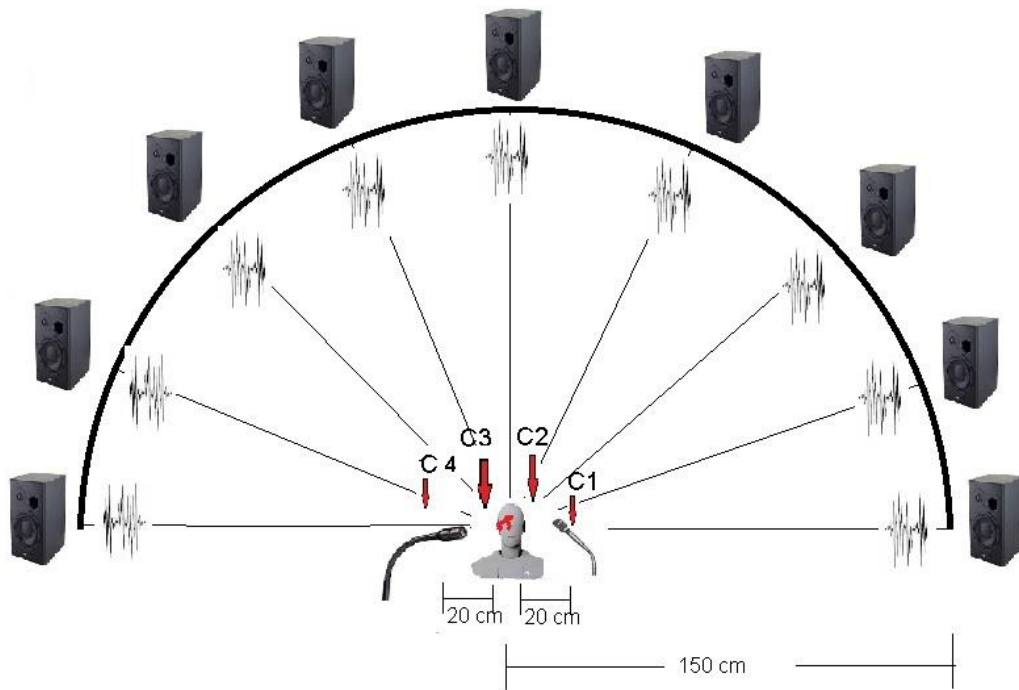


Fig3. Diseño de la experiencia

Se trata de una cabeza acústica (“dummy head”) con micrófonos en ambos oídos y dos micrófonos omnidireccionales situados a 20 cm de cada oído. Los “oídos” de la cabeza simulan oídos reales con su pabellón acústico exterior.

Una disposición equivalente con un único altavoz consiste en disponer la cabeza acústica y los dos micrófonos omnidireccionales alineados y colocados sobre una superficie giratoria. Un único altavoz emite los sonidos/ruidos y se va girando el dispositivo con el giro angular deseado. Esta fue la disposición escogida por nosotros, con giro cada 10°. La Fig4 muestra la disposición y notación seleccionada.

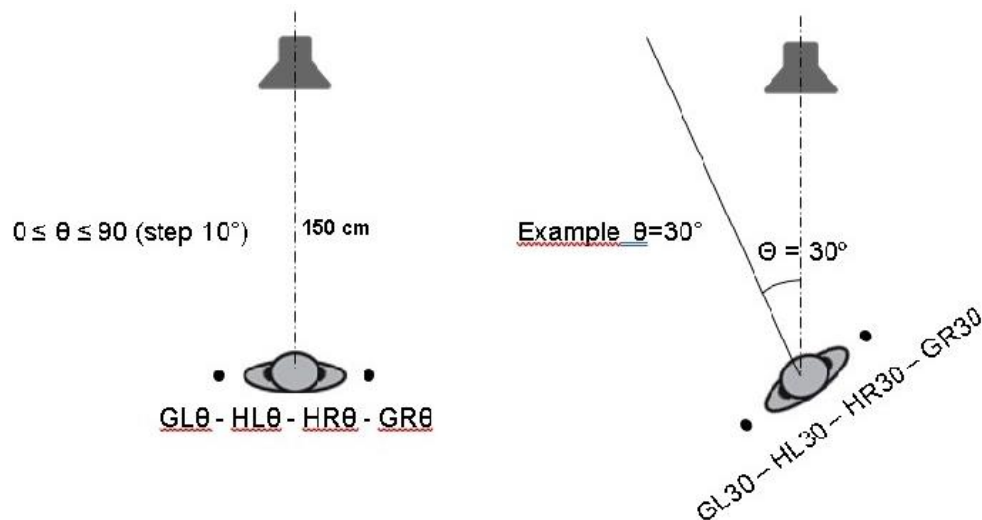


Fig4. Dispositivo experimental seleccionado

Los micrófonos se denotan por: GL (GRAS Left), HL (Head Left), HR (Head Right) y GR (GRAS Right). La superficie se gira 10°, desde 0° hasta 90° (diez posiciones). Con ello se recogen todas las variaciones de medida.

La calibración de los micrófonos se realizó con calibrador acústico B&K tipo 4231. En “cámara cuasi anecoica”³⁸, se emitieron diferentes señales con altavoz modelo Neumann KH120A, monitor de estudio de muy alta calidad. Las señales emitidas fueron diferentes tipos de ruido de ambientes típicamente industriales.

Se incluyeron ruidos muy constantes, ruido de maquinaria de transporte y diferentes tipos de ruido industrial (metal, vidrio, impactos, etc.) algunos con carácter impulsivo. Los diferentes ruidos estaban separados por un tono de 1 kHz de 1 s de duración.

Para comprobar la correcta disposición y medida del dispositivo desplegado, representaremos la señal captada por los micrófonos en las posiciones $\theta = 0^\circ$ y $\theta = 90^\circ$ cuando comienza la llegada de la señal de 1 kHz. Las figuras Fig.5 y Fig.6 muestran las cuatro señales de llegada para $\theta = 0^\circ$ y $\theta = 90^\circ$, respectivamente.

Como se observa claramente en la Fig5, la señal llega un instante anterior a los micrófonos de la cabeza acústica que a los micrófonos GRAS, ligeramente más

³⁸ Cámara cuasi anecoica: Consiste en un laboratorio especialmente diseñado para minimizar las reflexiones del sonido y los ruidos procedentes del exterior.

alejados. Respecto a los niveles, existen muy pequeñas diferencias (inferiores a 1 dB) entre los micrófonos. Esto no debe achacarse a inadecuada disposición experimental, en esta posición concreta, las diferencias pueden deberse a la directividad del altavoz.

En general, para otros ángulos, las diferencias también se verán influenciadas por el efecto de la cabeza sobre el campo acústico. Por supuesto, esta es la situación real que se dará en las medidas de campo y cuyo efecto pretendemos justamente analizar aquí.

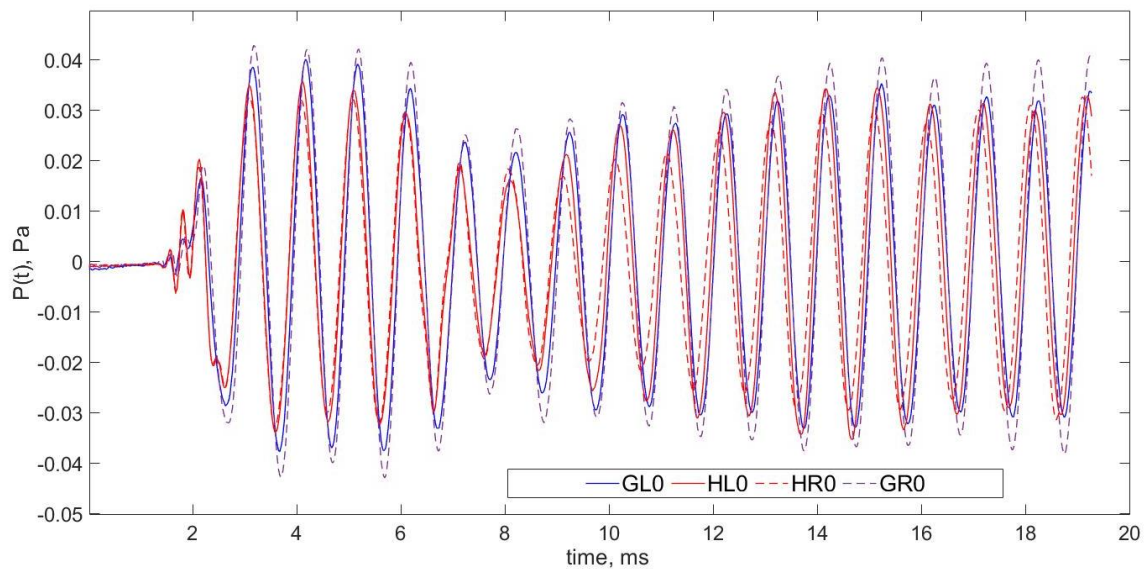


Fig5. Registros de los cuatro canales ante tono puro en dirección frontal, $\theta = 0^\circ$

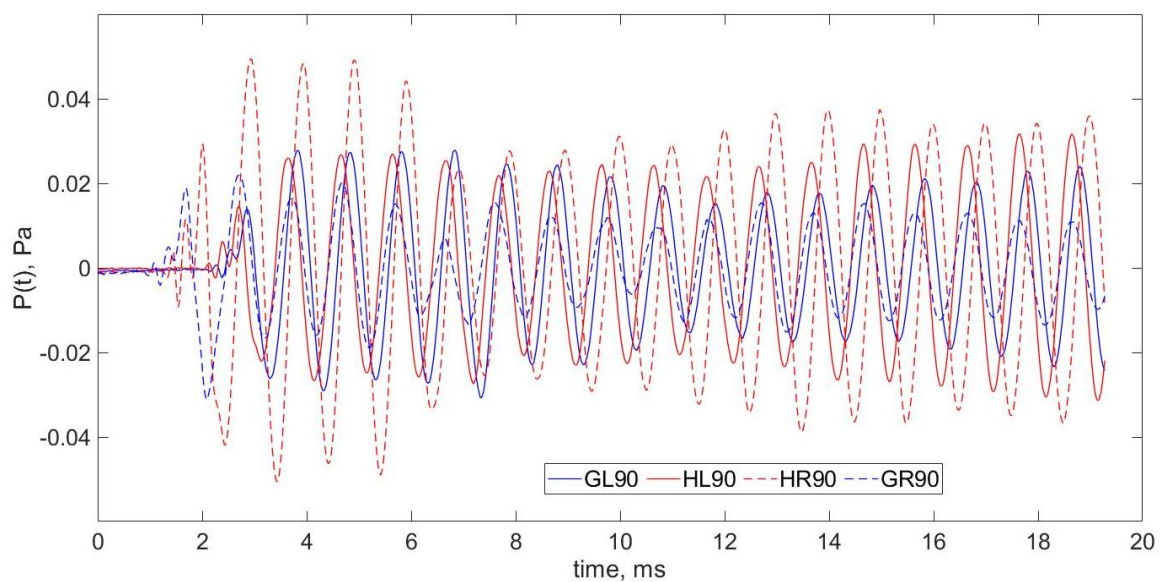









Fig6. Registros de los cuatro canales ante tono puro en dirección lateral $\theta = 90^\circ$

Como se ve en la Fig6, los retardos se han incrementado para la disposición de 90°. Asimismo, los niveles difieren en mayor medida, incluso superando los 6 dB.

Se tomaron los siguientes siete ruidos industriales:³⁹

 1_Tren corte de ferralla	Archivo WAV	1.293 KB
 2_movimiento armario de metal	Archivo WAV	1.293 KB
 3_desguace de vehiculos	Archivo WAV	1.293 KB
 4_motor de excavadora	Archivo WAV	1.293 KB
 5_Camion lanzando agua	Archivo WAV	1.293 KB
 6_radial con tubo de cobre	Archivo WAV	1.293 KB
 7_rotura cristal y plasticos	Archivo WAV	1.293 KB

Más un sonido final de 10 s que consiste en un “sweep lineal”. Es este un sonido sinusoidal con frecuencia que se incrementa linealmente desde 20 Hz hasta 20 kHz. Son 7 sonidos de 6 s cada uno más 10 s final de sweep. Se separan por un tono de 1 s. Es decir: $1+6+1+6+1+6+1+6+1+6+1+6+1+6+1+10 = 60$ s. Los intervalos de tono de 1 s se intercalan para un mejor control, tal como el mostrado en las Fig5 y Fig6. Para el análisis comparativo posterior se eliminarán.

Se emite el audio de 60 s de duración y se registran los cuatro canales para las diez orientaciones posibles. Ello supone 40 grabaciones de audio de 60 s cada una. Se ha seguido el siguiente procedimiento previo a la obtención de los parámetros acústicos.

En primer lugar, abrimos con el programa Audacity⁴⁰ los cuatro registros de cada orientación, es decir, GLxx, HLxx, HRxx y GRxx, como cuatro pistas mono.

Eliminamos, en todas a la vez, el primer tramo (aproximadamente, 0,2 s) antes de comenzar el tono de 1 kHz y guardamos con el mismo nombre los registros. Así quedan todos cronometrados.

Analizaremos los 40 audios con el programa BK Connect⁴¹ para obtener los siguientes datos de cada registro:

a) L_{eq} , L_{Ceq} y L_{Aeq} de los 8 “ruidos” para cada micro y cada orientación

³⁹ Ministerio de Educación y Formación Profesional. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. <http://recursostic.educacion.es/bancoimagenes/web/>

⁴⁰ Audacity. Disponible en: <https://www.audacityteam.org/>

⁴¹ BK Connect Data Processing. User Manual. B&K 2020.

b) L_{peak} , L_{Cpeak} , L_{Apeak} de los 8 “ruidos” para cada micro y cada orientación

Se obtiene los niveles equivalentes y de pico bien cada 0,1 s, bien para el tramo de cada uno de los “ruidos”.

El procedimiento con el programa BK Connect para la obtención de resultados comprende los siguientes pasos:

Partimos de un primer registro, por ejemplo, el registro GL00, es decir la grabación del micrófono GRAS Left en la posición de 0°. Lo cargamos en la carpeta de trabajo del proyecto, denominado “Andrea Análisis 1” (Véase Fig7.).

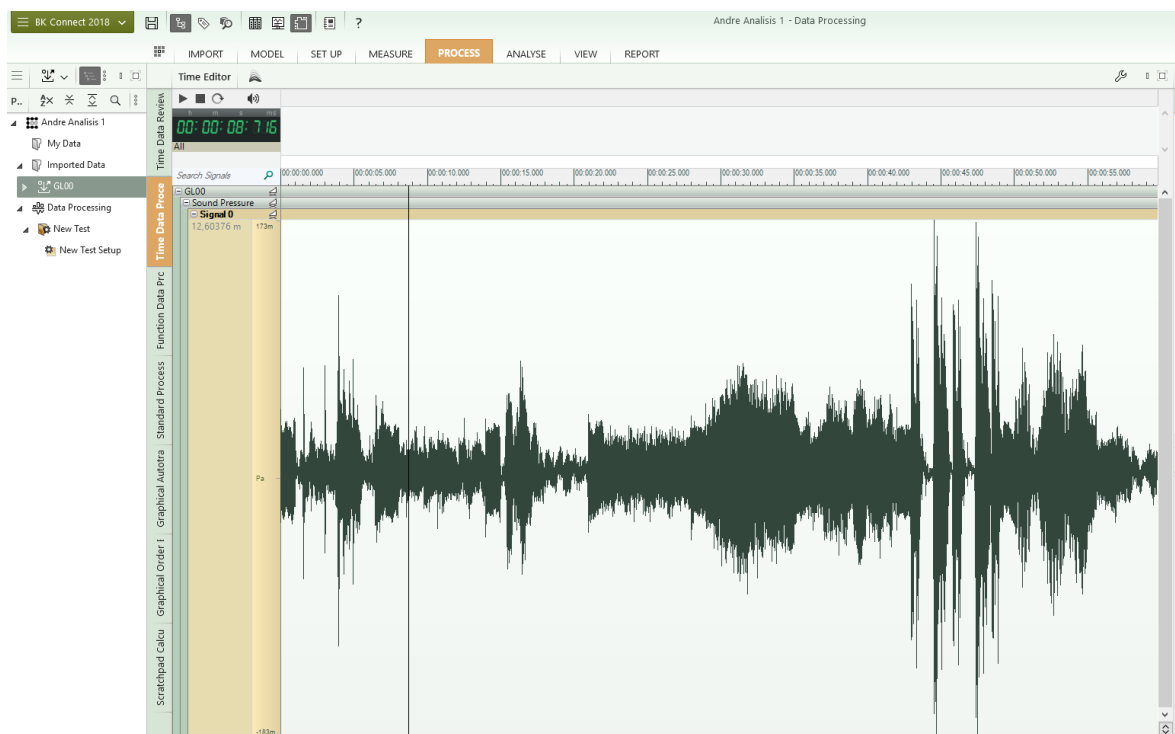


Fig7. Visualización del registro (GL00) para su posterior análisis

A continuación, se carga en la carpeta de procesamiento, donde se han programado las diferentes funciones para la obtención de los índices acústicos (Fig8). En este caso, un análisis temporal (“Overall vs Time”).

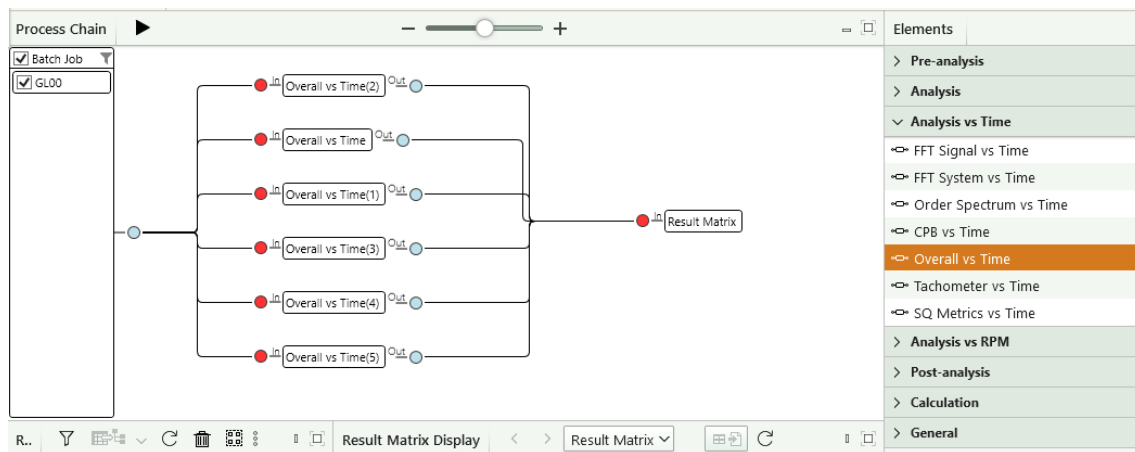


Fig8. Visualización de la ventana de cálculo para el análisis “Overall vs Time”.

Posteriormente, se selecciona la herramienta del elemento de cálculo. En este caso, se calculan los niveles sonoros continuos equivalentes de tres formas diferentes: sin ponderar, con ponderación A y con ponderación C, es decir L_{eq} , L_{Aeq} y L_{Ceq} . Los evalúa cada 0,1 s. Esas son las tres primeras funciones.

Las tres siguientes evalúan los niveles de pico, en forma análoga, sin ponderar y con ponderaciones A y C, para obtener L_{peak} , L_{Apeak} y L_{Cpeak} , de nuevo cada 0,1 s (Véase Fig9.).

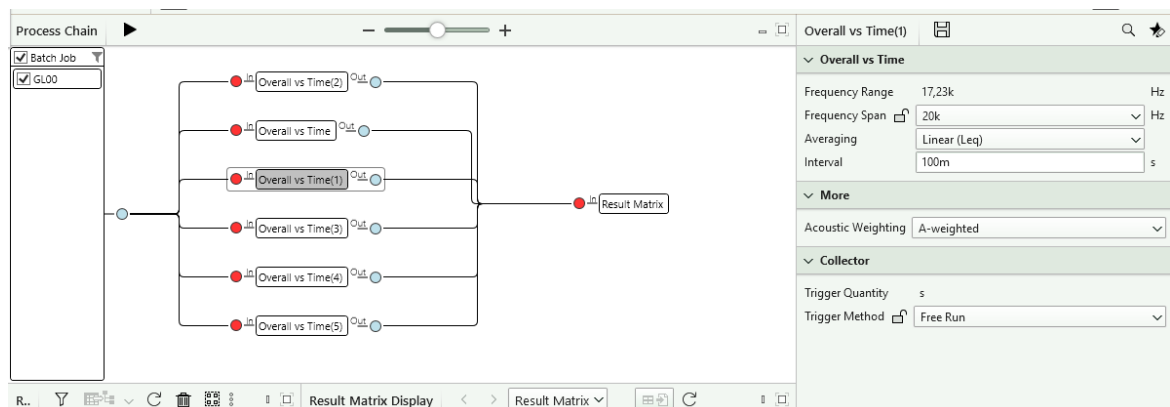


Fig9. Herramientas seleccionadas: promediado, ponderación e intervalo temporal

Finalmente, los resultados se obtienen , bien en forma gráfica (Fig10) bien en fichero con formato .csv (similar a excel). Los resultados gráficos se copian y exportan e excel de manera inmediata (mediante “clipboard”).

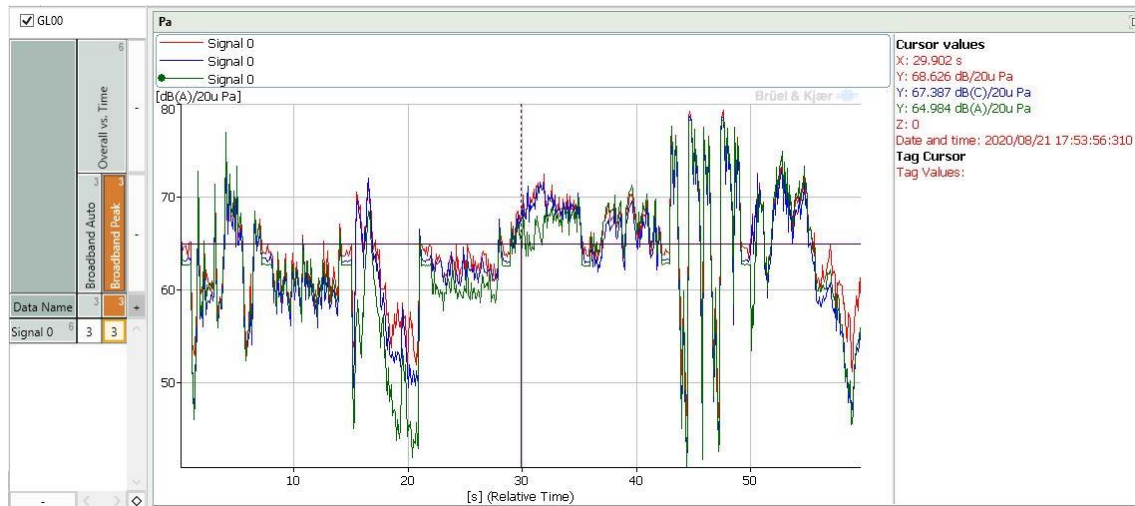


Fig10. Pantalla de resultados gráficos

Tras un largo proceso, disponemos de todos los resultados de los siguientes índices acústicos: niveles equivalentes sin ponderar y ponderados A y C, así como de los niveles de pico, sin ponderar y ponderados A y C. Se tienen tales valores para los 8 diferentes tipos de ruido y para los 4 canales en las 10 diferentes posiciones.

El análisis de los resultados ha de ser tendente a evaluar las diferencias obtenidas según la colocación del micrófono (a derecha o izquierda del operario) así como la diferencia entre los niveles obtenidos en los oídos del mismo. Ello, tanto en los niveles equivalentes (principalmente L_{Aeq}) como en los niveles de pico (principalmente L_{Cpeak}).

Por ejemplo, la Fig11 muestra la diferencia en el L_{Aeq} (para el ruido industrial núm. 7) entre las posiciones de medida derecha e izquierda del operario, en función de la diferente orientación a la fuente, desde 0° hasta 90° . Como es de esperar, las diferencias son nulas para orientación frontal (0°) pero tales diferencias se van haciendo mayores conforme se gira (“lateraliza”) la orientación de la fuente.

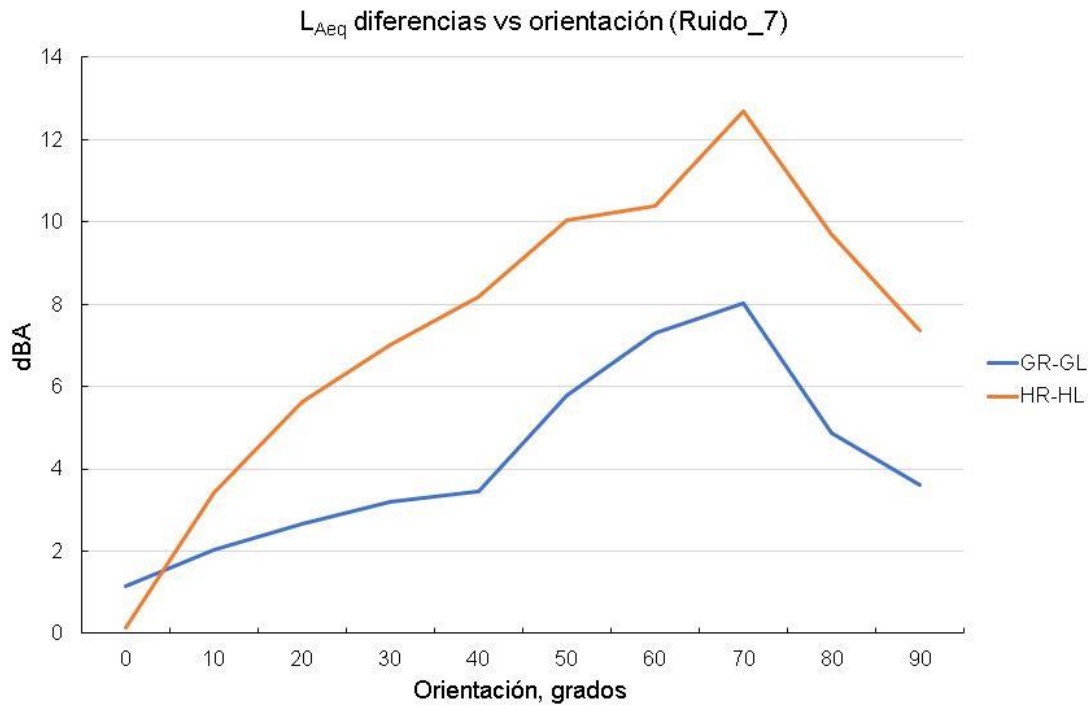


Fig11. Diferencias (L_{Aeq}) entre canales según ángulo de orientación

Las diferencias llegan a ser de hasta 12 dBA entre los micrófonos omnidireccionales y de hasta 8 dBA entre los dos oídos. Cabe decir que la diferente distancia de los canales GR y GL a la fuente (1,2 y 1,8 m, respectivamente) implica una máxima diferencia de 3,5 dB por divergencia:

$$20 \cdot \log\left(\frac{1,8}{1,2}\right) = 3,52$$

Es decir, que se dan diferencias de hasta 4 dBA entre los micrófonos omnidireccionales y de hasta 8 dBA entre los dos oídos.

La Fig.12 muestra similares diferencias para los niveles máximos de L_{Cpeak} .

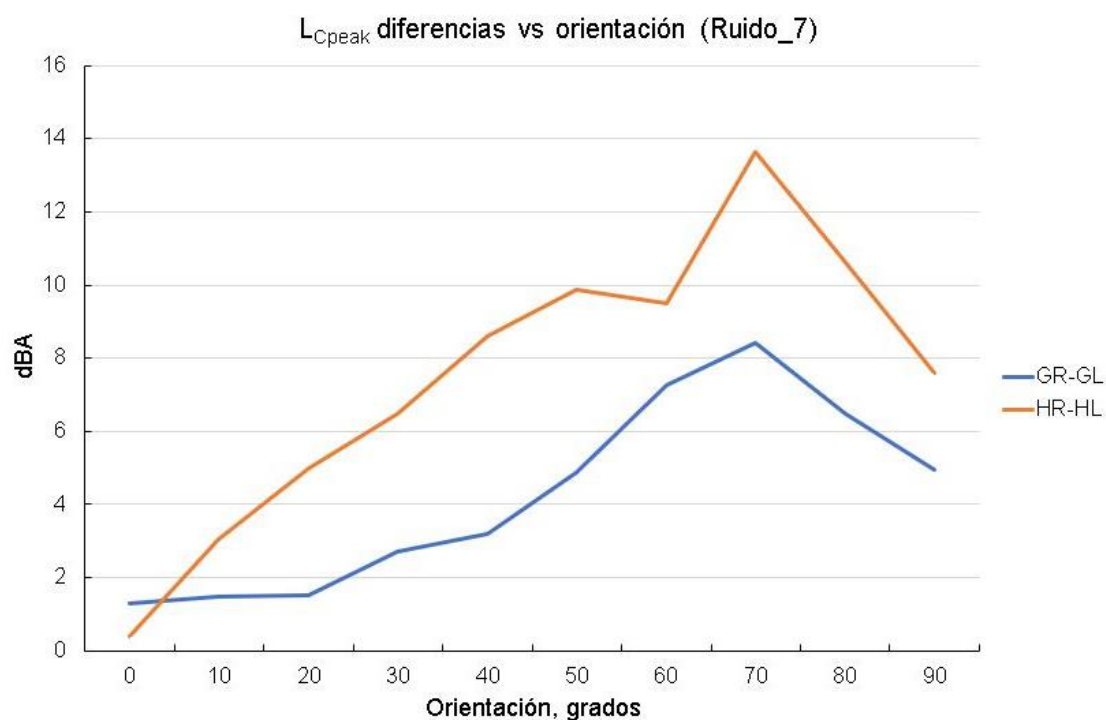


Fig.12. Diferencias (L_{Cpeak}) entre canales según ángulo de orientación

Descontando hasta 3,5 dB por divergencia, las diferencias pueden ser de hasta 10 dB entre los dos oídos (HR-HL) y de hasta 4,5 dB entre las dos diferentes posiciones de los micros omnidireccionales.

En resumen y como conclusión, al menos para el tipo de ruido industrial número 7, el cual tenía fuertes características impulsivas, la diferente posición del micrófono (izquierda o derecha del operario) puede introducir diferencias de hasta 4 – 4,5 dB tanto en los niveles equivalentes como en los de pico.

X. CONCLUSIONES

1. Existe un claro consenso en los países en donde se ha estudiado la legislación laboral del ruido en el trabajo (EE.UU y países europeos) en limitar los niveles de exposición al mismo a fin de evitar dosis de ruido que provoquen pérdida auditiva en los trabajadores. Los índices a controlar son idénticos en todos ellos: Niveles sonoros continuos equivalentes diarios (o semanales) y niveles máximos de pico.

2. Existen ligeras diferencias entre los niveles máximos equivalentes diarios ($L_{Aeq,8h}$), variando entre los 85 y 90 dBA, así como en los niveles máximos de pico (L_{Cpico}) entre los 135 y 140 dBC. Por el contrario, los niveles inferiores y superiores que dan lugar a una acción coinciden en las regulaciones estudiadas; 80 dBA y 135 dBC para los niveles inferiores y 85 dBA y 137 dBC (salvo dos casos, Suecia y Polonia, con 135 dBC) para los niveles superiores.

3. En general, la regulación sobre la medición de ruido es bastante imprecisa, sin concretar posición para la misma, especialmente para los niveles de pico, muy sensibles a posibles orientaciones y/o apantallamientos.

4. En una experiencia de laboratorio bien controlada, hemos confirmado diferencias de hasta 4,5 dB tanto en los niveles L_{Aeq} como en los L_{Cpico} midiendo en diferentes posiciones, todas ellas compatibles con las asumidas en las regulaciones (en las pocas de ellas en las que se especifica este apartado).

XI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Legislación Europea

Directiva 2003/10/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). DOUE, de 15 de febrero de 2003, núm. 42.

Portugal. Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006, transposición de la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

Francia. Decreto 2006-892, de 19 de julio de 2006, relativo a los requisitos de seguridad y salud aplicables en caso de exposición de los trabajadores a riesgos por ruido y que modifica el código laboral (Segunda parte: Decretos del Consejo de Estado).

Italia. Decreto Legislativo 195, de 10 de abril de 2006, aplicación de la Directiva 2003/10/CE sobre la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Boletín oficial, de 30 de mayo de 2006, núm. 124.

Alemania. Ordenanza de 6 de marzo de 2007 sobre seguridad y salud en el trabajo sobre ruidos y vibraciones, Gaceta de Leyes Federales I, pág. 261.

Suecia. Disposiciones de la Autoridad Sueca para ruido en el trabajo, AFS2005:16.

Reino Unido. Reglamento 2005 núm. 1643 sobre el Control de ruido en el trabajo.

Polonia. Reglamento del Ministerio de Economía y Trabajo, de 5 de agosto de 2005, sobre seguridad y salud en el trabajo, cuando se trabaja con exposición a ruidos o vibraciones mecánicas. Diario de las Leyes de 2005, núm. 157, art. 1318.

Polonia. Reglamento del Ministerio de Familia, Trabajo y Política Social, de 12 de junio de 2018, sobre las concentraciones e intensidades máximas permisibles de

factores nocivos para la salud en el entorno laboral. Diario de las Leyes de 2018, art. 1286.

Legislación Española

España. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE, de 11 de marzo de 2006, núm. 60.

Legislación Estadounidense

EE.UU. Norma OSHA, núm. 1910, Subparte G, Seguridad Ocupacional y Control Ambiental. 1910.95, Exposición a ruido ocupacional.

Documentación

SUTER, A. “Capítulo 47. Ruido”, en *J. Finklea, H. Coppée, V. Hunt, R. Kraus, W. Laurig, J. Messite, S. Sauter, J. Spiegel, C. Soskolne, B. Terracini, M. Myers, (Eds), Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Geneva: Organización Internacional del Trabajo, 2012.*

SABATO, AL., SABATO, Ad., REDA, A. “Protection of workers from risks caused by loud sound fields. Comparison between the European and The United States standards.”, en *Revista del 43º Congreso Internacional sobre Control de Ruido, Melbourne, Australia, 2014.*

INSST (INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO). “Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la Exposición de los Trabajadores al Ruido. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, BOE núm. 60, de 22 de marzo.”, en *Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2008.*

ARENAS, JP., SUTER, A. “Comparison of occupational noise legislation in the Americas: An overview and analysis, en *Noise & Health*, 2014, 16:306-19.

SUTER, A. “The relationship of the exchange rate to noise-induced hearing loss.”, en *Biblioteca de informes técnicos nacionales (NTIS)*, 1992, núm. 93-118610.

NEITZEL, R., FLIGOR, B. “Determination Of Risk Of Noise-Induced Hearing Loss.”, en *Make Listening Safe*, OMS (Organización Mundial De La Salud), 2017.

BRÜEL, P. KJAER, V. “Ruido ambiental”, en *Briuel&Kjær Sound & Vibration Measurement A/S.*, 2000.

NÄF CORTÉS, R. “Guía Práctica para el Análisis y la Gestión del Ruido Industrial”, en *FREMAP*, Mutua Colaboradora con la Seguridad Social núm. 61, 2013.

INSL (INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL). “Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición al ruido. Incluye: Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Guía técnica. Protocolo de vigilancia sanitaria específica: Ruido.”, en *Instituto Navarro de Salud Laboral. Gobierno de Navarra. (ed. Nov.2018)*, 2018.

ISTAS (INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y SALUD). “La protección de los trabajadores frente al ruido en el trabajo. Situación de partida y novedades del Real Decreto 286/2006.”, en *Dossier Ruido ISTAS*, 2007.

Enlaces de interés

CEOE: Confederación Española de Organizaciones Empresariales. (s.f.). Prevención de riesgos laborales en el mundo. <https://prl.ceoe.es/informacion/seccion/prl-en-el-mundo/>

EUR-Lex: Derecho de la UE. (s.f.). <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health. Noise and hearing loss prevention. (s.f.). [NIOSH: Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. Prevención del ruido y de la pérdida auditiva.]. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/noise/>

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health. Occupational Noise Exposure. Publication Number 98-126. (1998. Última revisión: 6 de junio de 2014). [NIOSH: Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional. Exposición al ruido ocupacional.]. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/default.html>

HSE: Health and Safety Executive. Noise at work. (s.f.). [HSE: Agencia Ejecutiva para la Salud y Seguridad. Ruido en el trabajo.]. <http://www.hse.gov.uk/noise/index.htm>

OSHA: Occupational Safety and Health Administration. Occupational Noise Exposure. (s.f.). [OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. Exposición al ruido ocupacional.]. <http://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/>

OSHA: Occupational Safety and Health Administration. Section III: Chapter 5: Noise. (Última revisión: 15 de agosto de 2013). [OSHA: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional. Sección III: Capítulo 5: Ruido.]. https://osha.gov/dts/osta/otm/new_noise/

Portugal. Decreto Ley 182/2006, de 6 de septiembre de 2006. (s.f.). Disponible en: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/539986/details/maximized>

Francia. Decreto 2006-892, de 19 de julio de 2006. (s.f.). Disponible en: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000425550&dateTexte>

Italia. Decreto Legislativo 195, de 10 de abril de 2006. (s.f.). Disponible en: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2006/05/30/006G0214/sg>

Alemania. Ordenanza de 6 de marzo de 2007. (s.f.). Disponible en: http://www.gesetze-im-internet.de/l_rm vibrationsarbschv/index.html

Suecia. AFS2005:16. (s.f.). Disponible en: <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/buller-afs-200516/>

Reino Unido. Reglamento 2005 núm. 1643, sobre el Control de ruido en el trabajo. (s.f.). Disponible en: <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2005/1643/contents/made>

Polonia. Reglamento de 5 de agosto de 2005. (s.f.). Disponible en: <http://www.przepisy.gofin.pl/przepisy,4,18,39,40,,,rozporzadzenie-ministra-gospodarki-i-pracy-z-dnia-5082005-r.html>

Polonia. Reglamento de 12 de junio de 2018. (s.f.). Disponible en: <http://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20180001286>